

ANEXO 11

**RESOLUCIÓN MSC.285(86)
(adoptada el 1 de junio de 2009)**

**DIRECTRICES PROVISIONALES SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS
INSTALACIONES DE MOTORES DE GAS NATURAL EN LOS BUQUES**

EL COMITÉ DE SEGURIDAD MARÍTIMA,

RECORDANDO el artículo 28 b) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones del Comité,

OBSERVANDO que en el Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, no figura actualmente ninguna disposición sobre la utilización de gas como combustible en los buques que no sean gaseros,

RECONOCIENDO que es necesario elaborar un código para los buques con motores de gas,

RECONOCIENDO TAMBIÉN que, entretanto, existe una necesidad urgente de proporcionar orientaciones a las Administraciones sobre las instalaciones de motores de gas en los buques,

HABIENDO EXAMINADO las Directrices provisionales preparadas por el Subcomité de Transporte de Líquidos y Gases a Granel en su 13º periodo de sesiones,

1. ADOPTA las Directrices provisionales sobre la seguridad de las instalaciones de motores de gas natural en los buques, cuyo texto figura en el anexo de la presente resolución;
2. INVITA a los Gobiernos a que apliquen las Directrices provisionales a los buques con motores de gas que no sean los regidos por el Código CIG;
3. INSTA a los Gobiernos Miembros y al sector a que faciliten información, observaciones y recomendaciones basadas en la experiencia práctica adquirida mediante la aplicación de estas Directrices provisionales y presenten análisis de seguridad pertinentes sobre instalaciones de motores de gas;
4. ACUERDA continuar con la labor de elaboración de un código internacional de seguridad para los buques con motores de gas (Código IGF).

ANEXO

DIRECTRICES PROVISIONALES SOBRE LA SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES DE MOTORES DE GAS EN LOS BUQUES

Índice

PREÁMBULO

CAPÍTULO 1 – GENERALIDADES

- 1.1 Ámbito de aplicación
- 1.2 Riesgos
- 1.3 Definiciones
- 1.4 Prescripciones relativas a los reconocimientos

CAPÍTULO 2 – DISPOSICIONES EN EL BUQUE Y PROYECTO DE SISTEMAS

- 2.1 Generalidades
- 2.2 Prescripciones relativas a los materiales
- 2.3 Ubicación y separación de espacios
 - 2.3.1 *Distribución y ubicación de los espacios*
 - 2.3.2 *Cámara de compresores de gas*
 - 2.3.3 *Espacios de máquinas que contienen motores de gas*
 - 2.3.4 *Salas de tanques*
- 2.4 Disposición de entradas y otras aberturas
- 2.5 Proyecto general de las tuberías
- 2.6 Configuración del sistema
 - 2.6.1 *Configuraciones alternativas del sistema*
 - 2.6.2 *Espacios de máquinas protegidos contra los gases*
 - 2.6.3 *Espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia*
- 2.7 Sistema de suministro de gas en los espacios de máquinas de gas
 - 2.7.1 *Sistema de suministro de gas para los espacios de máquinas protegidos contra los gases*
 - 2.7.2 *Sistema de suministro de gas para los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia*
- 2.8 Almacenamiento del gas combustible
 - 2.8.1 *Tanques de almacenamiento de gas licuado*
 - 2.8.2 *Tanques de almacenamiento de gas comprimido*
 - 2.8.3 *Almacenamiento en cubiertas expuestas*
 - 2.8.4 *Almacenamiento en espacios cerrados*
- 2.9 Sistemas de toma de combustible y sistemas de distribución fuera de los espacios de máquinas
 - 2.9.1 *Puesto de toma de combustible*
 - 2.9.2 *Sistema de toma de combustible*
 - 2.9.3 *Distribución fuera de los espacios de máquinas*
- 2.10 Sistema de ventilación
 - 2.10.1 *Generalidades*
 - 2.10.2 *Sala de tanques*
 - 2.10.3 *Espacios de máquinas que contienen motores de gas*
 - 2.10.4 *Salas de bombas y compresores*

CAPÍTULO 3 – SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

- 3.1 Generalidades
- 3.2 Protección contra incendios
- 3.3 Extinción de incendios
 - 3.3.1 *Colector contraincendios*
 - 3.3.2 *Sistemas de extinción por aspersión de agua*
 - 3.3.3 *Sistemas de extinción de incendios de polvo químico seco*
- 3.4 Detección de incendios y sistema de alarma
 - 3.4.1 *Detección*
 - 3.4.2 *Alarmas y medidas de seguridad*

CAPÍTULO 4 – SISTEMAS ELÉCTRICOS

- 4.1 Generalidades
- 4.2 Clasificación de zonas
 - 4.2.1 *Generalidades*
- 4.3 Definición de sectores de zonas peligrosas
 - 4.3.1 *Sectores 0 de zonas peligrosas*
 - 4.3.2 *Sectores 1 de zonas peligrosas*
 - 4.3.3 *Sectores 2 de zonas peligrosas*

CAPÍTULO 5 – SISTEMAS DE CONTROL, VIGILANCIA Y SEGURIDAD

- 5.1 Generalidades
- 5.2 Vigilancia de los tanques de gas
- 5.3 Vigilancia de los compresores de gas
- 5.4 Vigilancia de los motores de gas
- 5.5 Detección de gas
- 5.6 Funciones de seguridad de los sistemas de suministro de gas

CAPÍTULO 6 – COMPRESORES Y MOTORES DE GAS

- 6.1 Compresores de gas
- 6.2 Proyecto de motores de gas: generalidades
- 6.3 Prescripciones relativas a los motores bicomcombustible
- 6.4 Prescripciones relativas a los los motores de gas monocombustible

CAPÍTULO 7 – FABRICACIÓN, ACABADO Y ENSAYO

- 7.1 Generalidades
- 7.2 Tanques de gas
- 7.3 Sistemas de tuberías de gas
- 7.4 Conductos
- 7.5 Válvulas
- 7.6 Fuelles de dilatación

CAPÍTULO 8 – PRESCRIPCIONES OPERACIONALES Y DE FORMACIÓN

- 8.1 Prescripciones operacionales
- 8.2 Formación relacionada con el uso de gas
 - 8.2.1 *Formación general*
 - 8.2.1.1 *Formación de categoría A*
 - 8.2.1.2 *Formación de las categorías B y C*
- 8.3 Mantenimiento

PREÁMBULO

1 Las presentes directrices provisionales se han elaborado a fin de establecer una norma internacional para los buques no regidos por el Código CIG que tienen instalaciones de motores de gas natural.

2 El objetivo de las directrices provisionales es proporcionar criterios para la disposición e instalación de maquinaria de propulsión y auxiliar que utilice como combustible el gas natural, la cual ofrecerá un nivel equivalente de integridad, en cuanto a seguridad, fiabilidad y funcionamiento, al que puede lograrse con máquinas principales y auxiliares normales comparables que quemen hidrocarburos.

3 Para lograr este objetivo, las prescripciones funcionales que se describen a continuación corresponden a las partes pertinentes de las presentes directrices provisionales:

- .1 Reducir todo lo posible las zonas peligrosas, a fin de reducir los posibles riesgos para la seguridad del buque, del personal y el equipo.
- .2 Reducir el equipo instalado en zonas peligrosas al necesario para fines operacionales. El equipo instalado en zonas peligrosas debe ser adecuado para su función y estar correctamente certificado.
- .3 Disponer las zonas peligrosas a fin de asegurar que no se puedan formar acumulaciones de gas en las condiciones normales y de fallo previstas.
- .4 Disponer las instalaciones de propulsión y de generación eléctrica de modo tal que puedan seguir funcionando o se puedan volver a hacer funcionar en caso de que quede fuera de funcionamiento un servicio esencial que consume gas.
- .5 Proporcionar ventilación a fin de proteger al personal de posibles zonas pobres en oxígeno en caso de una fuga de gas.
- .6 Reducir al mínimo el número de fuentes de ignición en zonas peligrosas a causa del gas mediante el proyecto, la disposición y la selección de equipo adecuado.
- .7 Disponer medios seguros y adecuados de toma y almacenamiento de gas que permitan embarcar a bordo y contener el gas combustible en el estado que sea necesario sin que haya fugas ni sobrepresiones.
- .8 Disponer sistemas de tuberías de gas, de contención y medios de descarga de sobrepresión que sean del proyecto, construcción e instalación adecuados para su aplicación prevista.
- .9 Proyectar, construir, instalar, operar y proteger las máquinas de gas, el sistema de gas y los componentes a fin de que su funcionamiento tenga el mismo nivel de seguridad y fiabilidad que el de las máquinas de combustible líquido.
- .10 Disponer y emplazar las salas de tanques de almacenamiento de gas y los espacios de máquinas de modo tal que un incendio o explosión en cualquiera de ellos no deje fuera de funcionamiento a la maquinaria/equipo de otros compartimentos.

- .11 Disponer medios técnicos para el control del gas combustible que sean tan seguros y fiables como los de las máquinas que queman combustible líquido.
- .12 Disponer una selección adecuada de equipo y materiales debidamente certificados para el uso con sistemas de gas.
- .13 Disponer sistemas de detección de gas adecuados para los espacios en cuestión junto con medios para la vigilancia, la alarma y la desactivación.
- .14 Disponer protección contra los efectos potenciales de una explosión de gas combustible
- .15 Prevenir las explosiones y las consecuencias peligrosas.
- .16 Disponer medidas de detección, extinción y protección contra incendios adecuadas para los peligros en cuestión.
- .17 Disponer un nivel de fiabilidad en las unidades de gas que sea equivalente al de las unidades que queman combustible líquido.
- .18 Asegurarse de que la puesta en servicio, los ensayos y el mantenimiento de las máquinas de gas satisfacen los objetivos en lo que hace a la fiabilidad, la disponibilidad y la seguridad.
- .19 Disponer procedimientos que detallen las directrices necesarias para la realización, en condiciones de seguridad, de las operaciones de inspección y mantenimiento, tanto las de rutina como las no programadas.
- .20 Disponer la seguridad operacional mediante la formación y certificación apropiada de la tripulación.
- .21 Disponer la presentación de documentos técnicos a fin de poder evaluar si el sistema y sus componentes cumplen las reglas y directrices aplicables.

4 Las directrices provisionales tratan de la seguridad de los buques que consumen gas natural como combustible.

5 El gas natural (seco) se define como un gas sin condensación a las presiones y temperaturas normales de funcionamiento y en el cual el componente predominante es metano con algo de etano y pequeñas cantidades de hidrocarburos pesados (principalmente propano y butano).

6 La composición del gas puede variar según la fuente del gas natural y su procesamiento. Composición típica en porcentaje en volumen:

Metano (C ₁)	94,0 %
Etano (C ₂)	4,7 %
Propano (C ₃)	0,8 %
Butano (C ₄₊)	0,2 %
Nitrógeno	0,3 %
Densidad – gas	0,73 kg/sm ³
Densidad – líquido	0,45 kg/dm ³
Valor calorífico (bajo)	49,5 MJ/kg
Número de metano	83

El gas puede almacenarse y distribuirse como gas natural comprimido (GNC) o gas natural licuado (GNL).

CAPÍTULO 1

GENERALIDADES

1.1 **Ámbito de aplicación**

1.1.1 Las presentes directrices provisionales se aplican a las instalaciones de motores de combustión interna de los buques que utilizan gas natural como combustible. Dichos motores pueden ser monocombustible (gas) o bicomcombustible (gas y combustible líquido), y el gas puede estar almacenado tanto en estado gaseoso como líquido.

1.1.2 Estas directrices provisionales deberían aplicarse junto con las prescripciones pertinentes del Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS), 1974, y su Protocolo de 1988, en su forma enmendada.

1.1.3 Las directrices provisionales se aplican a los buques nuevos. La aplicación a buques existentes debe quedar a discreción de las Administraciones, según lo consideren necesario.

1.2 **Riesgos**

En las presentes directrices se tratan los riesgos relacionados con los medios para el almacenamiento, la distribución y el uso de gas natural como combustible.

1.3 **Definiciones**

A los efectos de las presentes Directrices, a menos que se indique lo contrario, las definiciones utilizadas son las del capítulo II-2 del Convenio SOLAS.

1.3.1 *Accidente*: suceso no previsto que puede ocasionar pérdida de vidas humanas, lesiones, daños ambientales o la pérdida de bienes o intereses financieros.

1.3.2 *Tipo certificado como seguro*: equipo eléctrico certificado como seguro por una entidad reconocida basándose en una norma reconocida¹. La certificación del equipo eléctrico debe corresponder a la categoría y grupo para el gas metano.

1.3.3 *GNC*: gas natural comprimido.

1.3.4 *Puestos de control*: los espacios definidos en el capítulo II-2 del Convenio SOLAS y, en estas directrices, también la sala de control de máquinas.

1.3.5 *Válvula de doble bloqueo y purga*: juego de tres válvulas automáticas situadas en la tubería de suministro de combustible de cada uno de los motores de gas.

1.3.6 *Motor bicomcombustible*: motor que puede quemar gas natural y combustible líquido o funcionar únicamente con combustible líquido o gas.

¹ Véase la serie IEC 60079, *Explosive atmospheres* y la norma IEC 60092-502:1999, *Electrical Installations in Ships – Tankers – Special Features*.

1.3.7 *Espacios cerrados*: espacios dentro de los cuales, ante la falta de ventilación artificial, la ventilación será limitada y en los cuales las atmósferas explosivas no se dispersarán de manera natural².

1.3.8 *ESD*: desactivación en caso de emergencia.

1.3.9 *Explosión*: deflagración en la que la combustión es incontrolada.

1.3.10 *Alivio de la presión contra explosiones*: medidas que se adoptan para evitar que la presión de explosión de un contenedor o espacio cerrado supere la sobrepresión máxima para la cual está proyectado el contenedor o espacio, y que permiten liberar la sobrepresión por orificios a tal fin.

1.3.11 *Gas*: un fluido con una presión de vapor superior a 2,8 bar absolutos a una temperatura de 37,8 °C.

1.3.12 *Zona peligrosa*: zona en la cual existe o se puede prever que exista una atmósfera de gases explosivos o un gas inflamable (con punto de inflamación inferior a 60 °C), en cantidades tales que requieren precauciones especiales para la construcción, instalación y el uso de aparatos eléctricos.

Las zonas peligrosas se pueden dividir en los sectores 0, 1 y 2 que se especifican a continuación³:

- .1 *Sector 0*: zona en la cual hay de manera continua, o durante largos periodos, una atmósfera de gases explosivos o un gas inflamable con un punto de inflamación inferior a 60 °C.
- .2 *Sector 1*: zona en la cual es probable que, durante el funcionamiento normal, se forme una atmósfera de gases explosivos o un gas inflamable con un punto de inflamación inferior a 60 °C.
- .3 *Sector 2*: zona en la cual, durante el funcionamiento normal, no es probable que se forme una atmósfera de gases explosivos o un gas inflamable con un punto de inflamación inferior a 60 °C y, en caso de que se formara, probablemente ocurriría con poca frecuencia y solamente durante un periodo breve.

1.3.13 *Zonas sin riesgos*: zonas que no se consideran peligrosas, es decir, a salvo del gas, siempre que se den ciertas condiciones.

1.3.14 *Tuberías de alta presión*: tuberías de gas combustible cuya presión de trabajo máxima supera los 10 bar.

1.3.15 *IEC*: Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

² Véase también la definición en la norma IEC 60092-502:1999.

³ Véase también la clasificación de zonas especificada en la sección 2.5 de la norma IEC 60079-10-1:2008, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*.

- 1.3.16 *Código CIG*: Código internacional para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel, enmendado.
- 1.3.17 *LIE*: límite inferior de explosividad.
- 1.3.18 *GNL*: Gas natural licuado (véase 1.3.22).
- 1.3.19 *Válvula principal de tanque*: válvula telemandada, situada en el tubo de salida del tanque de almacenamiento de gas, lo más cerca posible del punto de salida del tanque.
- 1.3.20 *MARVS*: designación del tarado máximo admisible de las válvulas de descarga de presión de los tanques de gas.
- 1.3.21 *Válvula maestra de gas combustible*: válvula automática del conducto de suministro de gas hacia cada máquina situada fuera de la sala de máquinas en el caso de los motores de gas y lo más cerca posible del calentador de gas (si lo hubiere).
- 1.3.22 *Gas natural*: gas que a presiones y temperaturas de trabajo normales no experimenta condensación y cuyo componente principal es el metano, con algo de etano y pequeñas cantidades de hidrocarburos pesados (principalmente propano y butano).
- 1.3.23 *Cubierta expuesta*: cubierta que está abierta por ambos extremos o que tiene una abertura en uno de ellos, y que dispone en toda su longitud de una ventilación natural adecuada y eficaz, conseguida mediante aberturas permanentes distribuidas en las planchas del costado o en la cubierta superior.
- 1.3.24 *Organización*: Organización Marítima Internacional (OMI).
- 1.3.25 *Riesgo*: expresión del peligro que representa determinado suceso indeseado para personas, medio ambiente o bienes. El riesgo se expresa por la probabilidad y las consecuencias de un accidente.
- 1.3.26 *Normas reconocidas*: las normas nacionales o internacionales aplicables aceptadas por la Administración o las normas establecidas y aplicadas por una organización que cumple las normas adoptadas por la Organización y está reconocida por la Administración.
- 1.3.27 *Sistema de gestión de la seguridad*: el sistema internacional de gestión de la seguridad definido en el Código IGS.
- 1.3.28 *Barrera secundaria*: medida técnica para prevenir riesgos si falla la barrera primaria, como, por ejemplo, el alojamiento secundario de un tanque que protege el espacio circundante de los efectos de las fugas.
- 1.3.29 *Espacios semicerrados*: los espacios limitados por cubiertas y/o mamparos de tal manera que las condiciones naturales de ventilación son considerablemente diferentes de las existentes en cubiertas expuestas⁴.

⁴ Véase también la norma IEC 60092-502:1999, *Electrical Installations on Ships – Tankers – Special features*.

1.3.30 *Motor de gas monocombustible*: motor generador que solamente puede funcionar con gas, y que no admite el cambio a funcionamiento con combustible líquido.

1.3.31 *Convenio SOLAS*: el Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, enmendado.

1.3.32 *Fuente de descarga*: toda válvula, junta de tubería desmontable, empaquetadura de tuberías, compresor o junta de bomba del sistema de gas combustible.

1.3.33 *Sala de tanques*: el espacio hermético que rodea al tanque de combustible, en el cual se encuentran todas las conexiones a los tanques y todas las válvulas de los tanques.

1.4 Prescripciones relativas a los reconocimientos

1.4.1 Los reconocimientos y la expedición de certificados deberían llevarse a cabo de conformidad con las disposiciones aplicables de las reglas 6 ó 7 del capítulo I, parte B, del Convenio SOLAS 1974, modificado por su Protocolo de 1988 y enmendado⁵.

CAPÍTULO 2

DISPOSICIONES EN EL BUQUE Y PROYECTO DE SISTEMAS

2.1 Generalidades

2.1.1 Para toda configuración o concepto nuevo o modificado, debería realizarse un análisis de los riesgos a fin de asegurarse de que se tienen en cuenta todos los riesgos derivados del uso de motores de gas que afecten a la resistencia estructural y la integridad del casco del buque. Se deberían tener en cuenta los riesgos relacionados con la instalación, el funcionamiento y el mantenimiento tras cualquier fallo razonablemente previsible.

2.1.2 El análisis de los riesgos debería realizarse utilizando técnicas de análisis de riesgos aceptables y reconocidas, y teniendo en cuenta, como mínimo, los efectos locales, la pérdida de funciones, daño de componentes, incendios, explosiones y electrocuciones. El proceso debe garantizar que se eliminen los riesgos siempre que sea posible. Los riesgos que no puedan eliminarse deberían mitigarse según sea necesario. En el manual de funcionamiento deben incluirse datos de los riesgos y los medios que se utilizan para mitigarlos.

2.1.3 Una explosión en cualquier espacio abierto que contenga fuentes de gas abierto no debería:

- .1 causar daños a cualquier espacio que no sea el espacio en el cual ocurre el incidente;
- .2 perturbar el funcionamiento adecuado de otras zonas;

⁵ Véanse las "Directrices revisadas para efectuar reconocimientos de conformidad con el sistema armonizado de reconocimientos y certificación" (resolución A.997(25)).

- .3 dañar el buque de modo que se produzca una inundación por debajo de la cubierta principal o cualquier otra inundación progresiva;
- .4 dañar zonas de trabajo o de alojamiento de modo tal que las personas que permanezcan en dichas zonas en condiciones normales de funcionamiento resulten heridas;
- .5 perturbar el funcionamiento adecuado de los puestos de control y las cámaras de distribución eléctrica para la distribución necesaria de electricidad;
- .6 dañar equipo de salvamento o medios conexos de puesta a flote;
- .7 perturbar el funcionamiento adecuado del equipo de lucha contra incendios situado fuera del espacio dañado por la explosión; o
- .8 afectar a otras zonas del buque de modo tal que puedan ocurrir reacciones en cadena que afecten, entre otras cosas, a la carga, el gas y los hidrocarburos de combustible.

2.2 Prescripciones relativas a los materiales

2.2.1 Los materiales utilizados en los tanques y tuberías de gas, los recipientes de elaboración a presión y otros componentes que estén en contacto con el gas deberían cumplir lo dispuesto en el capítulo 6 del Código CIG (Materiales de construcción). En el caso de los tanques para GNC, los materiales que no estén contemplados en el Código CIG podrán ser objeto de una consideración especial por parte de la Administración.

2.2.2 Los materiales utilizados en los sistemas de tuberías de gas licuado deberían cumplir lo prescrito en la sección 6.2 del Código CIG. No obstante, cabrá permitir alguna atenuación en lo establecido respecto de la calidad del material de las tuberías de respiración de extremos abiertos a condición de que la temperatura del gas a presión atmosférica sea igual o superior a -55°C y que no pueda producirse una descarga de líquido en las tuberías de respiración. En general, los materiales deberían ajustarse a lo establecido en normas reconocidas.

2.2.3 No deberían utilizarse materiales cuya temperatura de fusión sea inferior a 925°C para tuberías situadas fuera de los tanques de carga, excepción hecha de tramos cortos de tubos unidos a dichos tanques, caso en el cual los materiales con un punto de fusión bajo deberían estar envueltos en aislamiento de clase A-60.

2.3 Ubicación y separación de espacios

2.3.1 Distribución y ubicación de los espacios

La distribución y ubicación de los espacios para el almacenamiento, distribución y uso de gas combustible deberían ser tales que se reduzcan al mínimo el número y las dimensiones de las zonas peligrosas.

2.3.2 Cámaras de compresores de gas

2.3.2.1 Las cámaras de compresores, si se dispone de ellas, deberían estar situadas por encima de la cubierta de francobordo, salvo que la disposición y las instalaciones en dichas cámaras se ajusten a lo prescrito en las directrices sobre las salas de tanques.

2.3.2.2 Si los compresores son accionados por ejes que atraviesen un mamparo o cubierta, el orificio pasante del mamparo debería ser hermético.

2.3.3 Espacios de máquinas que contienen motores de gas

2.3.3.1 Cuando se requiera más de un espacio de máquinas para los motores de gas y éstos se hallen separados por un solo mamparo, los mismos deberían disponerse de modo que se puedan contener o dirigir hacia el exterior los efectos de una explosión de gas en cualquier espacio sin afectar a la integridad del espacio adyacente y el equipo dentro de dicho espacio.

2.3.3.2 La forma geométrica de los espacios de máquinas para motores de gas protegidos por desactivación en caso de emergencia debería ser lo más sencilla posible.

2.3.4 Salas de tanques

2.3.4.1 Los límites de las salas de tanques, incluidas las puertas de acceso, deberían ser herméticos.

2.3.4.2 Las sala de tanques no deberían emplazarse adyacentes a los espacios de categoría A para máquinas. Si la separación se efectúa mediante un coferdán, la separación debería ser de al menos 900 mm y se debería instalar un aislamiento conforme a la clase A-60 del lado de la cámara de máquinas.

2.4 Disposición de entradas y otras aberturas

2.4.1 En general no debería permitirse el acceso directo a través de puertas, sean herméticas o no, desde un espacio a salvo del gas a otro peligroso a causa del gas. En los casos en que dichas aberturas sean necesarias por motivos operacionales, debería instalarse una esclusa neumática de conformidad con las prescripciones del capítulo 3.6 (2 a 7) del Código CIG.

2.4.2 Si la sala de compresores está emplazada por debajo de la cubierta, la sala debería tener, en la medida de lo posible, un acceso separado desde la cubierta expuesta. Cuando no sea posible contar con un acceso separado, debería instalarse una esclusa neumática de conformidad con las prescripciones del capítulo 3.6 (2 a 7) del Código CIG.

2.4.3 La entrada de la sala de tanques debería tener un umbral de 300 mm como mínimo.

2.4.4 El acceso a la sala de tanques debería ser, en la medida de lo posible, separado y directo desde la cubierta expuesta. Si la sala de tanques sólo cubre parcialmente el tanque, esta prescripción debería aplicarse a la sala que rodea al tanque, en la que se encuentra la abertura de entrada a la sala de tanques. Cuando no sea posible contar con un acceso separado, debería instalarse una esclusa neumática de conformidad con las prescripciones del capítulo 3.6 (2 a 7) del Código CIG. En el tronco de acceso debería instalarse un sistema de ventilación separado. No debería permitirse el acceso sin autorización a la sala de tanques durante su funcionamiento normal.

2.4.5 Si el acceso a un espacio de máquinas protegido por desactivación en caso de emergencia se hace desde otro espacio cerrado del buque, deberían instalarse puertas de cierre automático en las entradas. Debería instalarse una alarma visual y sonora en un puesto con dotación permanente; la alarma debería dispararse si la puerta permanece abierta continuamente durante más de un minuto. Cabe aceptar como alternativa una disposición en serie de dos puertas de cierre automático.

2.5 Proyecto general de las tuberías

2.5.1 Las prescripciones de la presente sección serán aplicables a las tuberías de gas. La Administración podrá aceptar, como resultado de un examen especial (por ejemplo, una evaluación de riesgos/estudio de los peligros y la funcionalidad) una aplicación menos rigurosa de estas prescripciones.

2.5.2 Las tuberías de gas deberían estar protegidas contra daños mecánicos y deberían poder asimilar la dilatación térmica sin que aparezcan tensiones considerables.

2.5.3 Las tuberías del sistema deberían estar soldadas, con un mínimo de conexiones de brida. Las juntas deberían estar protegidas contra erupciones.

2.5.4 El espesor de pared de las tuberías no debe ser inferior a:

$$t = \frac{t_0 + b + c}{1 - \frac{a}{100}} \text{ (mm)}$$

donde:

t_0 = espesor teórico

$t_0 = pD/(20Ke + p)$

siendo:

P = presión de proyecto (bar) citada en 2.5.5.

D = diámetro exterior (mm).

K = esfuerzo admisible (N/mm^2) citado en 2.5.6.

e = coeficiente de eficacia, igual a 1 para los tubos sin costura y para los que vayan soldados longitudinalmente o en espiral, entregados por fabricantes aprobados de tubos soldados, que se consideren equivalentes a los tubos sin costura cuando se sometan las soldaduras a pruebas no destructivas con arreglo a normas reconocidas. En otros casos, la Administración podrá determinar un valor del coeficiente de eficacia que dependerá del proceso de fabricación.

b = tolerancia de curvatura (mm). El valor de b se debe escoger de modo que el esfuerzo calculado en la curva, debido sólo a la presión interior, no sea superior al esfuerzo admisible. Cuando no se dé esta justificación, el valor de b debe ser el siguiente:

$$b = \frac{Dt_0}{2,5r} \text{ (mm)}$$

siendo:

r = radio medio de la curva (mm).

c = tolerancia de corrosión (mm). Si se prevé corrosión o erosión se debe incrementar el espesor de pared de las tuberías de modo que sea superior al determinado por otras prescripciones de proyecto. Esta tolerancia debe tener en cuenta la duración prevista de las tuberías.

a = tolerancia negativa de fabricación para el espesor (%).

El espesor mínimo de la pared se ajustará a lo establecido en normas reconocidas.

2.5.5 En el proyecto de tuberías y los sistemas de tuberías y componentes, según proceda, debería utilizarse la más estricta de las siguientes condiciones:

- .1 para sistemas de tuberías de vapor o componentes de los mismos que puedan quedar separados de sus válvulas de descarga de presión y que puedan contener cierta cantidad de líquido, la presión del vapor saturado a 45 °C, o a las temperaturas superiores o inferiores que la Administración pueda aceptar (véase el Código CIG, párrafo 4.2.6.2); o
- .2 el MARVS de los tanques de gas y de los sistemas de elaboración de gas; o
- .3 el tarado de la válvula de descarga de presión de la bomba o del compresor correspondiente, en caso de que tenga capacidad suficiente; o
- .4 la presión total máxima del sistema de tuberías de gas, al descargar o al cargar; o
- .5 el tarado de las válvulas de descarga de presión del sistema de tuberías, en caso de que tenga capacidad suficiente; o
- .6 una presión de 10 bar, salvo si se trata de tuberías de extremo abierto, en cuyo caso la presión no debería ser inferior a 5 bar.

2.5.6 Cuando se trate de tuberías de acero, incluidas las de acero inoxidable, el esfuerzo admisible que se tendrá en cuenta en la fórmula de la resistencia admisible, citada en 2.5.4, debería ser el menor de los valores siguientes:

$$\frac{R_m}{A} \text{ o bien } \frac{R_e}{B}$$

donde:

R_m = resistencia a la tracción mínima especificada, a temperatura ambiente (N/mm^2).

R_e = límite de fluencia mínimo especificado o límite de elasticidad de 0,2 %, a temperatura ambiente (N/mm^2).

A = 2,7

B = 1,8

Cuando se trate de tuberías que no sean de acero, la Administración debería tener en cuenta el esfuerzo admisible.

2.5.7 Cuando sea necesario para la resistencia mecánica a fin de evitar que las tuberías se dañen, se desplomen o experimenten arrufo o pandeo excesivos como consecuencia de las cargas impuestas por los soportes, la flexión del buque u otras causas, el espesor de pared debería ser mayor que el prescrito en 2.5.4 o, si esto no es práctico u origina esfuerzos puntuales excesivos, se deberían reducir tales cargas, proveer protección contra ellas o eliminarlas utilizando otros métodos de proyecto.

2.5.8 Los sistemas de tuberías deberían tener la suficiente resistencia de construcción. En el caso de los sistemas de gas de alta presión, esto debería corroborarse con análisis de esfuerzos en los que se tendrán en cuenta:

- .1 los esfuerzos debidos al peso del sistema de tuberías;
- .2 las cargas de aceleración, si son de consideración; y
- .3 la presión interior y las cargas inducidas por el quebranto y el arrufo del buque.

2.5.9 Las bridas, válvulas y otros accesorios deberían ajustarse a normas reconocidas, teniendo en cuenta la presión de proyecto definida en 2.5.5. En lo que respecta a las juntas de dilatación y los fuelles utilizados en relación con el vapor, se podrá aceptar una presión de proyecto mínima que sea inferior a la definida en 2.5.5.

2.5.10 Las válvulas y juntas de dilatación utilizadas en los sistemas de gas de alta presión deberían ser de un tipo aprobado.

2.5.11 Para la conexión directa de tramos de tuberías (sin bridas), cabrá considerar las siguientes conexiones:

- .1 en todas las aplicaciones se podrán utilizar juntas soldadas a tope con penetración total en la raíz. Para temperaturas de proyecto inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, las soldaduras a tope deberían ser dobles o equivalentes a una junta a tope con doble soldadura. Para presiones de proyecto superiores a 10 bar y temperaturas de proyecto iguales o inferiores a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ habrá que retirar los anillos cubrejuntas internos;

- .2 las juntas deslizantes soldadas (con manguitos y la correspondiente soldadura, cuyas dimensiones sean satisfactorias a juicio de la Administración), solamente deberían utilizarse en tuberías de extremos abiertos de diámetro exterior igual o inferior a 50 mm y para temperaturas de proyecto que no sean inferiores a -55 °C; y
- .3 los acoplamientos roscados sólo deberían emplearse para las tuberías auxiliares y para las de instrumentos cuyo diámetro exterior sea igual o inferior a 25 mm.

2.5.12 Las bridas de las conexiones de brida deberían ser de collar soldado, deslizantes o de enchufe soldado. Las restricciones siguientes se aplicarán a todas las tuberías, salvo a las de extremos abiertos:

- .1 para las temperaturas de proyecto inferiores a < -55 °C sólo deberían utilizarse bridas de collar soldado;
- .2 para las temperaturas de proyecto inferiores a < -10 °C no deberían utilizarse bridas deslizantes en los tamaños nominales superiores a 100 mm ni bridas de enchufe y soldado en los tamaños nominales superiores a 50 mm.

2.5.13 Tras un análisis pertinente en cada caso podrán aceptarse conexiones de tuberías distintas de las arriba mencionadas.

2.5.14 Para todas las soldaduras a tope de tuberías de acero al carbono, al carbonomanganeso o de baja aleación debería exigirse termotratamiento postsoldadura. La Administración podrá dispensar del cumplimiento de la prescripción relativa al alivio de los esfuerzos térmicos a las tuberías cuyo espesor de pared sea inferior a 10 mm, consideradas la temperatura y la presión de proyecto del sistema de tuberías en cuestión.

2.5.15 Cuando la temperatura de proyecto sea igual o inferior a -110 °C, debería presentarse un análisis completo de esfuerzos por cada derivación del sistema de tuberías. El análisis debería tener en cuenta todos los esfuerzos debidos al peso de las tuberías con su carga (incluidos los resultantes de las aceleraciones, si éstas son importantes), la presión interior, la contracción térmica y las cargas inducidas por los movimientos del buque. Para temperaturas superiores a -110 °C, la Administración podrá exigir un análisis de esfuerzos. En todos los casos se deberían tener en cuenta los esfuerzos térmicos, aun cuando no sea necesario presentar los cálculos. El análisis debería efectuarse de acuerdo con un código de prácticas reconocido.

2.5.16 No deberían instalarse tuberías de gas a menos de 760 mm del costado del buque.

2.5.17 Las tuberías de gas no deberían atravesar otros espacios de máquinas. De manera alternativa, podrán aprobarse tuberías dobles de gas a condición de que el peligro de daño mecánico sea despreciable, las tuberías de gas no contengan fuentes de descarga y la sala esté equipada con una alarma contra fugas de gas.

2.5.18 Se deberían disponer los medios necesarios para purgar con nitrógeno las líneas de toma y suministro de gas (únicamente hasta las válvulas de doble bloqueo y purga, cuando éstas vayan emplazadas cerca del motor).

2.5.19 La instalación del sistema de tuberías de gas debería tener suficiente flexibilidad. Debería demostrarse que se dispone de la flexibilidad necesaria para conservar la integridad del sistema de tuberías en todas las situaciones de servicio que quepa prever.

2.5.20 Las tuberías de gas deberían ir pintadas de un color conforme a una norma reconocida⁶.

2.5.21 Si el gas combustible contiene componentes más pesados que pueden condensarse en el sistema, deberían instalarse tambores antidetonantes o medios equivalentes para extraer el líquido en condiciones de seguridad.

2.5.22 Se deberían instalar válvulas de alivio de presión en todas las tuberías o componentes que puedan quedar aislados cuando contengan gas líquido.

2.5.23 Cuando los tanques o las tuberías estén separados de la estructura del buque por aislamiento térmico se deberían conectar a masa las tuberías y los tanques. Todas las conexiones con juntas de las tuberías y las conexiones de las mangueras deberían estar conectadas a masa.

2.6 Configuración del sistema

2.6.1 Configuraciones alternativas del sistema

2.6.1.1 Se podrán aceptar dos configuraciones posibles para el sistema:

- .1 *Espacios de máquinas protegidos contra los gases:* los espacios de máquinas que están dispuestos de modo tal que se considera que están protegidos contra los gases en todas las situaciones, tanto normales como excepcionales; es decir, que están intrínsecamente protegidos contra los gases.
- .2 *Espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia:* los espacios de máquinas dispuestos de modo tal que se consideran no peligrosos en todas las situaciones normales, aunque en ciertas condiciones excepcionales pueden convertirse en peligrosos. En condiciones excepcionales de peligro debido al gas, se desactivarán automáticamente el equipo y las máquinas que no son seguros (fuentes de ignición), y el equipo o las máquinas que permanezcan en uso o se mantengan activas en estas circunstancias deberían ser de un tipo certificado como seguro.

2.6.2 Espacios de máquinas protegidos contra los gases

2.6.2.1 Todas las tuberías de suministro de gas situadas dentro de los límites del espacio de máquinas deberían estar rodeadas por una envuelta estanca al gas, es decir, las tuberías o conductos habrían de ser de pared doble.

⁶ Véase la norma EN ISO 14726: 2008, *Ships and marine technology – Identification colours for the content of piping systems.*

2.6.2.2 En caso de pérdidas en un tubo de suministro de gas que hagan necesario cerrar el suministro de gas, se debería disponer de un suministro de combustible independiente auxiliar. En las instalaciones con varios motores se podrá aceptar como alternativa la instalación de sistemas de suministro de gas separados e independientes para cada motor o grupo de motores.

2.6.2.3 En el caso de instalaciones monocombustible (sólo de gas), el almacenamiento de combustible debería estar dividido entre dos o más tanques de tamaño similar. Estos tanques deberían emplazarse en compartimientos separados.

2.6.3 Espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia

2.6.3.1 Se podrá aceptar que las tuberías de suministro de gas situadas en los espacios de máquinas carezcan de una envuelta externa estanca al gas, si cumplen las siguientes condiciones:

- .1 los motores de gas para la propulsión y la generación de electricidad deberían estar instalados en dos o más salas de máquinas que no tengan ningún límite común a menos que se pueda probar de manera documentada que el límite común puede resistir una explosión en una de las salas. Los motores deberían distribuirse entre los distintos espacios de máquinas de modo tal que, en caso de interrupción del suministro de combustible a un motor cualquiera, será posible mantener, como mínimo, el 40 % de la potencia de propulsión y el suministro eléctrico normal necesario para la navegación marítima. Los incineradores, los generadores de gas inerte y otras calderas que quemen combustible líquido no deberían emplazarse en espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia;
- .2 las máquinas de gas y los espacios de tanques y de instalaciones de válvulas deberían contener el mínimo de equipo, componentes y sistemas necesarios a fin de garantizar que cada elemento de equipo situado en cualquier espacio pueda seguir desempeñando su función principal;
- .3 la presión de las líneas de suministro de gas situadas dentro de los espacios de máquinas debería ser inferior a 10 bar; por lo tanto, este concepto solamente se puede aplicar en los sistemas de baja presión; y
- .4 se debería disponer un sistema de detección de gas dispuesto de modo tal que pueda interrumpir automáticamente el suministro de gas (y, en el caso de motores bicomcombustible, también el suministro de combustible líquido), y desconectar todos los equipos e instalaciones que no estén protegidos en caso de explosión, como se reseña en 5.5 y 5.6.

2.6.3.2 En el caso de instalaciones monocombustible (sólo gas), el almacenamiento de combustible debería dividirse entre dos o más tanques de tamaño similar. Estos tanques deberían emplazarse en compartimientos separados.

2.7 Sistema de suministro de gas en los espacios de máquinas de gas

2.7.1 Sistema de suministro de gas para los espacios de máquinas protegidos contra los gases

2.7.1.1 Las tuberías de suministro de gas que atraviesan espacios cerrados deberían estar completamente envueltas dentro de una tubería o conducto doble. Esta tubería o conducto doble debería cumplir una de las siguientes condiciones:

- .1 la tubería de gas debería ser un sistema de tubería de doble pared en el cual el gas combustible circula por la tubería interna. El espacio situado entre las tuberías concéntricas debería contener gas inerte a una presión mayor que la del gas combustible. Se deberían disponer alarmas apropiadas que alerten de la pérdida de presión del gas inerte situado entre los tubos. Si la tubería interna contiene gas a alta presión, el sistema debería estar dispuesto de modo tal que la tubería situada entre la válvula maestra de gas y el motor se purgue automáticamente con gas inerte al cerrarse la válvula maestra de gas; o
- .2 las tuberías de gas combustible se deberían instalar dentro de una tubería o conducto ventilado. El espacio de aire que queda entre la tubería de gas combustible y la pared de la tubería o conducto externo debería estar dotado de ventilación mecánica a presión con una capacidad mínima de 30 renovaciones de aire por hora. Esta capacidad de ventilación podrá reducirse a 10 renovaciones de aire por hora si el sistema se dispone de modo tal que el conducto se llene automáticamente de nitrógeno en caso que se detecte gas. Los motores de los ventiladores deberían cumplir las prescripciones de protección contra explosiones de la zona en la que estén instalados. La salida de la ventilación debería estar cubierta por una pantalla protectora y debería ir situada en un punto en el que no sea posible la ignición de la mezcla inflamable de gas y aire.

2.7.1.2 Las conexiones de las tuberías y conductos de gas a las válvulas de inyección de gas deberían estar completamente rodeados por el conducto, de modo que se facilite la sustitución y/o reparación de las válvulas de inyección y de las tapas de cilindros. Las tuberías de gas del motor también deberían ser dobles hasta el punto en el que se inyecta el gas en las cámaras de combustión⁷.

2.7.1.3 En el caso de las tuberías de alta presión, debería entenderse como presión de proyecto de los conductos la mayor de las siguientes:

- .1 la presión acumulada máxima: la presión estática en el lugar de la ruptura producida por el flujo de gas en el espacio anular;
- .2 la presión máxima instantánea local en el lugar de la ruptura: * dicha presión se considerará la presión crítica, que se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$p^* = p_0 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

⁷ Si se suministra gas en la admisión de aire de un motor de baja presión, podrá prescindirse de las tuberías dobles en la admisión de aire a condición de que se instale el detector de gas encima del motor.

siendo:

p_0 = presión de trabajo máxima de la tubería interior.

k = C_p/C_v calor específico a presión constante dividido por el calor específico para un volumen específico.

k = 1,31 para el CH_4 .

El esfuerzo tangencial de la membrana de una tubería recta no debería ser superior a la resistencia a la tracción dividida por 1,5 ($R_m/1,5$) cuando ésta se halle sometida a las citadas presiones. Los valores de presión de todos los demás componentes de las tuberías deberían ser compatibles con los valores de resistencia de las tuberías rectas.

En lugar de utilizar la presión máxima calculada mediante la fórmula anterior se podrá usar la presión máxima obtenida en ensayos representativos. Se deberían presentar informes sobre los ensayos.

2.7.1.4 En el caso de las tuberías de baja presión, las dimensiones del conducto deberían ser compatibles con una presión de proyecto no inferior a la máxima presión de funcionamiento de las tuberías de gas. El conducto también se debería someter a un ensayo de presión para comprobar si puede soportar la presión máxima prevista en caso de ruptura de una tubería de gas.

2.7.1.5 La disposición e instalación de la tubería de gas de alta presión debería contar con la flexibilidad suficiente para que la tubería de suministro de gas se adapte a los movimientos oscilatorios del motor principal sin que exista el riesgo de que aparezcan problemas de fatiga. En lo que a esto respecta, la longitud y la configuración de las ramificaciones de las tuberías son factores importantes.

2.7.2 Sistema de suministro de gas para los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia

2.7.2.1 La presión del sistema de suministro de gas no debería exceder de 10 bar.

2.7.2.2 La presión de proyecto de las tuberías de suministro de gas no debería ser inferior a 10 bar.

2.8 Almacenamiento del gas combustible

2.8.1 Tanques de almacenamiento de gas licuado

2.8.1.1 El tanque de almacenamiento utilizado para el gas licuado debería ser un tanque de tipo C independiente proyectado de conformidad con lo dispuesto en el capítulo 4 del Código CIG.

2.8.1.2 En condiciones normales, las conexiones de tuberías al tanque deberían situarse por encima del nivel más alto de líquido del tanque. Sin embargo, también podrán aceptarse las conexiones situadas por debajo del nivel más alto de líquido tras un examen especial por parte de la Administración.

2.8.1.3 Deberían instalarse válvulas de descarga de presión como prescribe el capítulo 8 del Código CIG.

2.8.1.4 En condiciones normales, la salida de las válvulas de descarga de presión debería estar situada, como mínimo, a $B/3$, o 6 m, si esta distancia es mayor, por encima de la cubierta de intemperie y a 6 m por encima de la zona de trabajo y los pasillos, siendo B la manga máxima de trazado del buque, medida en metros. Normalmente, las salidas deberían estar situadas, como mínimo, a 10 m de distancia de:

- .1 tomas de aire, salidas de aire y aberturas a los espacios de alojamiento, de servicio y de control, u otros espacios a salvo del gas; y
- .2 los escapes de las máquinas y de los hornos.

2.8.1.5 Los tanques de almacenamiento de gas líquido no deberían llenarse a más del 98 % de su capacidad a la temperatura de referencia, siendo la temperatura de referencia la que se define en el párrafo 15.1.4 del Código CIG. Debería obtenerse una curva de los límites de llenado correspondiente a las temperaturas de llenado reales utilizando la fórmula que figura en el párrafo 15.1.2 del Código CIG. No obstante, en los casos en los que, debido al aislamiento y a la ubicación del tanque, la probabilidad de que el contenido del tanque se caliente debido a un incendio externo sea despreciable, se podrán tomar medidas especiales y permitir un límite de llenado superior al calculado utilizando la temperatura de referencia, pero que no supere nunca el 95 %.

2.8.1.6 Se debería disponer de medios para vaciar el gas líquido de los tanques de almacenamiento que sean independientes del sistema de gas de las máquinas.

2.8.1.7 Debería ser posible utilizar los sistemas de tuberías de gas para vaciar, purgar y ventilar los tanques de combustible. Deberían elaborarse los correspondientes procedimientos. Para la inertización debería utilizarse, por ejemplo, nitrógeno, CO_2 o argón, antes de la ventilación, a fin de evitar la formación de una atmósfera con peligro de explosión en tanques y tuberías de gas.

2.8.2 *Tanques de almacenamiento de gas comprimido*

2.8.2.1 Los tanques utilizados para el almacenamiento de gas comprimido deberían estar certificados y aprobados por la Administración.

2.8.2.2 Los tanques de gas comprimido deberían estar dotados de válvulas de descarga de presión, taradas a un valor inferior al de la presión nominal del tanque y que tengan una salida situada como se prescribe en 2.8.1.4.

2.8.3 *Almacenamiento en cubiertas expuestas*

2.8.3.1 Podrá aceptarse el almacenamiento de gas comprimido y de gas licuado en cubiertas expuestas.

2.8.3.2 Los tanques de almacenamiento o las baterías de tanques deberían emplazarse como mínimo a una distancia equivalente a $B/5$ del costado del buque. En el caso de los buques que no sean de pasaje, la Administración podrá aceptar y aprobar el emplazamiento de tanques a menos de $B/5$, pero no menos de 760 mm, del costado del buque.

2.8.3.3 Los tanques de almacenamiento de gas o las baterías de tanques y el equipo deberían ir situados de modo que tengan suficiente ventilación natural con el fin de evitar la acumulación de gas en caso de escape.

2.8.3.4 Los tanques de gas líquido que tengan una conexión por debajo del nivel más alto de líquido (véase 2.8.1.2) deberían tener bandejas de goteo debajo del tanque cuya capacidad debería ser suficiente para recoger el volumen de un posible escape en caso de fallo de las conexiones de las tuberías. Estas bandejas de goteo deberían ser de acero inoxidable y presentar una separación o aislamiento tal que la estructura de la cubierta o del casco no queden expuestas a temperaturas bajas no aceptables en caso de fuga de gas líquido.

2.8.4 Almacenamiento en espacios cerrados

2.8.4.1 Podrá almacenarse gas en estado líquido en espacios cerrados a una presión de trabajo máxima aceptable de 10 bar. El almacenamiento de gas comprimido en espacios cerrados y el emplazamiento de tanques de gas con una presión superior a 10 bar en espacios cerrados normalmente no es aceptable, pero podrá permitirse tras un examen y la especial aprobación de la Administración, siempre que, además de lo prescrito en 2.8.4.3, se cumpla lo siguiente:

- .1 se prevén los medios adecuados para despresurizar el tanque en caso de incendio que pueda afectarlo; y
- .2 todas las superficies de la sala de tanques cuentan con protección térmica adecuada para evitar la pérdida de gas a alta presión y la consiguiente condensación, a menos que los mamparos estén proyectados para la temperatura más baja que pueda darse como consecuencia de una fuga de gas por expansión; y
- .3 se instala en la sala de tanques un sistema fijo de extinción de incendios.

2.8.4.2 El tanque o los tanques de almacenamiento de gas deberían estar emplazados lo más cerca posible de la línea de crujía:

- .1 como mínimo a una distancia del costado del buque equivalente a $B/5$, u 11,5 m, si esta distancia es menor;
- .2 a una distancia mínima de las planchas del fondo equivalente a $B/15$ ó 2 m, si esta distancia es menor;
- .3 a un mínimo de 760 mm de las planchas del forro.

En los buques que no sean de pasaje o multicasco, la Administración podrá aceptar y aprobar el emplazamiento de tanques a una distancia de menos de $B/5$ del costado del buque.

2.8.4.3 El tanque de almacenamiento y las válvulas y tuberías conexas deberían estar emplazados en un espacio que esté proyectado para funcionar como barrera secundaria en caso de pérdida de gas comprimido. Esto supone que el material de los mamparos de dicho espacio debería tener la misma temperatura de proyecto que el tanque de gas, y que el espacio esté proyectado para soportar el máximo aumento de presión. Como alternativa se podría disponer una ventilación de descarga de presión en un punto seguro (mástil). El espacio debería poder

contener toda pérdida, y estar térmicamente aislado de modo que el casco que lo limita no quede expuesto a temperaturas bajas no aceptables en caso de pérdida de gas líquido o comprimido. En otras partes de las presentes directrices, este espacio que actúa como barrera secundaria se denomina "sala de tanques". Si el tanque tiene pared doble y el forro exterior del mismo es de un material resistente al frío, la sala de tanques podrá disponerse como una caja, completamente soldada al forro exterior del tanque, cubriendo todas las conexiones y válvulas del tanque, pero no necesariamente todo el forro exterior del tanque.

2.8.4.4 En el caso de los tanques de acero inoxidable aislados por vacío, podrá aceptarse que la sala de tanques es el forro exterior del tanque en combinación con una caja de acero inoxidable soldada al forro exterior que contenga todas las conexiones, válvulas y tuberías del tanque. En este caso, las prescripciones de ventilación y detección de gas deberían aplicarse a la caja, pero no a la doble barrera del tanque.

2.8.4.5 De haber succiones de sentina en la sala de tanques, éstas no deberían estar conectadas al sistema de la sentina del resto del buque.

2.9 Sistemas de toma de combustible y sistemas de distribución fuera de los espacios de máquinas

2.9.1 *Puesto de toma de combustible*

2.9.1.1 El puesto de toma de combustible debería estar situado de modo tal que reciba suficiente ventilación natural. Los puestos de toma de combustible que estén cerrados o semicerrados deberían ser objeto de un examen especial. Los puestos de toma de combustible deberían estar físicamente protegidos de los espacios de alojamiento, de carga/cubierta de trabajo y de los puestos de control. Las conexiones y las tuberías deberían estar situadas y dispuestas de modo que ninguna avería de la tubería de gas pueda dañar la disposición de tanques de almacenamiento de gas del buque y provocar una descarga no controlada de gas.

2.9.1.2 Deberían disponerse bandejas de goteo bajo las conexiones de la toma de gas líquido utilizado como combustible y en los lugares susceptibles de fugas. Las bandejas de goteo deberían ser de acero inoxidable y deberían drenarse por el costado del buque mediante una tubería, preferiblemente cerca del mar. Esta tubería podrá instalarse provisionalmente durante las operaciones de toma de combustible. Las estructuras circundantes del casco o de la cubierta no deben estar expuestas a bajas temperaturas no aceptables en caso de pérdida de gas líquido. En el caso de los puestos de toma de combustible en los que se utilice gas comprimido, se debería instalar un aislamiento de acero a baja temperatura para evitar las posibles fugas de chorros fríos que puedan dañar la estructura circundante del casco.

2.9.1.3 Al tomar combustible debería ser posible controlar las operaciones desde un puesto seguro. En este lugar se debería poder observar la presión y el nivel del tanque y constatarse también la activación de la alarma de sobrellenado y el cierre automático.

2.9.2 *Sistema de toma de combustible*

2.9.2.1 El sistema de toma de combustible debería estar dispuesto de modo tal que no se libere gas a la atmósfera durante el llenado de los tanques de almacenamiento.

2.9.2.2 En cada tubería de toma de combustible, cerca del punto de conexión a tierra, se debería instalar, en serie, una válvula de cierre de accionamiento manual y una válvula de cierre telemandada, o una válvula combinada de accionamiento manual y telemandada. Debería ser posible abrir la válvula telemandada en el puesto de control de las operaciones de toma de combustible y/o en otro punto seguro.

2.9.2.3 Si se interrumpe la ventilación en el conducto que envuelve las tuberías de toma de gas debería dispararse una alarma sonora y visual en el puesto de control de la toma de combustible.

2.9.2.4 Si se detecta gas en el conducto que envuelve a las tuberías de toma de gas, debería sonar una alarma visual y sonora en el puesto de control de toma de combustible.

2.9.2.5 Se debería disponer de medios para vaciar el líquido de las tuberías de toma de combustible al finalizar las operaciones de toma de combustible.

2.9.2.6 Debería ser posible inertizar y desgasificar las tuberías de toma de combustible. Durante el funcionamiento del buque las tuberías de toma de combustible deberían estar libres de gas.

2.9.3 *Distribución fuera de los espacios de máquinas*

2.9.3.1 Las tuberías de gas combustible no deberían pasar por espacios de alojamiento, de servicio ni por puestos de control.

2.9.3.2 En las partes en que pasen por espacios cerrados del buque, las tuberías de gas deberían correr dentro de un conducto. Este conducto debería estar ventilado mecánicamente a presión a 30 renovaciones de aire por hora, y se deberían disponer medios de detección de gas como se prescribe en 5.5.

2.9.3.3 Las dimensiones del conducto deberían cumplir lo prescrito en 2.7.1.3 y 2.7.1.4.

2.9.3.4 El orificio de admisión de la ventilación del conducto debería dar al aire libre, en un punto alejado de fuentes de ignición.

2.9.3.5 Las tuberías de gas tendidas al aire libre deberían estar dispuestas de modo que no sea probable que resulten dañadas por impactos mecánicos accidentales.

2.9.3.6 Las líneas de gas de alta presión fuera de los espacios de la sala de máquinas deberían instalarse y protegerse de modo tal que se reduzca a un mínimo el riesgo de lesiones al personal en caso de ruptura.

2.10 Sistema de ventilación

2.10.1 *Generalidades*

2.10.1.1 Todos los conductos utilizados para la ventilación de espacios peligrosos deberían estar separados de los conductos utilizados para la ventilación de los espacios no peligrosos. La ventilación debería poder funcionar en todas las condiciones de temperatura en las que vaya a operar el buque. Los motores de los ventiladores eléctricos no deberían colocarse dentro de los conductos de ventilación de los espacios peligrosos a menos que estén certificados para el sector peligroso en el que funcionen.

2.10.1.2 El proyecto de los ventiladores de espacios que contengan fuentes de gas debería reunir las siguientes características:

- .1 los motores eléctricos de los ventiladores deberían cumplir las prescripciones de protección contra explosiones aplicables a la zona en la que estén instalados. Los ventiladores no deberían crear fuentes de inflamación de vapor en los espacios ventilados ni en el sistema de ventilación de estos espacios. Los ventiladores y, sólo en el emplazamiento de éstos, los conductos que les correspondan, deberían estar contruidos de modo que no desprendan chispas, como se indica a continuación:
 - .1 ventilador impulsor o alojamiento no metálicos, prestando la atención necesaria a la eliminación de electricidad estática;
 - .2 ventilador impulsor y alojamiento de materiales no ferrosos;
 - .3 ventilador impulsor y alojamiento de acero inoxidable austenítico;
 - .4 ventilador impulsor de aleación de aluminio o magnesio y alojamiento ferroso (incluido el acero inoxidable austenítico) en el que se instala un anillo de espesor adecuado de materiales no ferrosos en el emplazamiento del impulsor, prestando la atención necesaria a la electricidad estática y a la corrosión entre el anillo y el alojamiento; o
 - .5 cualquier combinación de impulsor y alojamiento ferroso (incluido el acero inoxidable austenítico) proyectado con un huelgo de no menos de 13 mm en las puntas de las palas;
- .2 la holgura radial entre el ventilador impulsor y la envuelta nunca debería ser de menos de 0,1 del diámetro del eje del impulsor en el cojinete, pero no debe tener menos de 2 mm. No es necesario que dicha holgura supere los 13 mm;
- .3 se considera que toda combinación de un componente fijo o giratorio de aleación de aluminio o magnesio con un componente fijo o giratorio ferroso (sea cual fuere el huelgo en las puntas de las palas), es peligrosa por la posible emisión de chispas, y no debería utilizarse en estos lugares;
- .4 las unidades de ventilación de a bordo deberían instalarse de modo que se garantice la conexión a masa mediante la fijación al casco de las mismas.

2.10.1.3 Toda disminución de la capacidad de ventilación prescrita debería disparar una alarma sonora y visual en un puesto con dotación permanente.

2.10.1.4 Los sistemas de ventilación prescritos para evitar las acumulaciones de gas deberían consistir en ventiladores independientes, cada uno de capacidad suficiente, a menos que se especifique lo contrario en las presentes directrices.

2.10.1.5 Las tomas de aire que sirven a espacios cerrados peligrosos deberían admitir aire de zonas que no sean peligrosas antes de instalar dichas tomas. Las tomas de aire que sirven a espacios cerrados no peligrosos deberían admitir aire de zonas no peligrosas y estar emplazadas

a 1,5 m, como mínimo, de los límites de cualquier zona peligrosa. En los casos en los que el conducto de la toma atraviese un espacio más peligroso, éste debería tener una presión interna superior a la del espacio a menos que, por ser hermético y por su integridad mecánica, se garantice que no van a entrar gases al conducto.

2.10.1.6 Las salidas de aire de los espacios no peligrosos deberían situarse fuera de zonas peligrosas.

2.10.1.7 Las salidas de aire de los espacios cerrados peligrosos deberían estar situadas en una zona abierta que, antes de instalar la salida de aire, tendría un nivel de peligrosidad igual o inferior al del espacio ventilado.

2.10.1.8 Por lo general, la capacidad prescrita de la planta de ventilación se basa en el volumen total de la sala. En las salas de geometría compleja, es posible que sea necesario aumentar la capacidad de ventilación prescrita.

2.10.1.9 Los espacios no peligrosos y con aberturas que den a una zona peligrosa deberían tener una esclusa neumática y mantenerse a una sobrepresión relativa a la zona peligrosa externa. La ventilación de sobrepresión se debería disponer con arreglo a las siguientes prescripciones:

- .1 Durante la puesta en servicio y en caso de pérdida de ventilación de sobrepresión, antes de activar cualquier instalación eléctrica no certificada como segura para el espacio se debería prescribir que, ante la falta de presurización:
 - .1 se proceda a la purga (como mínimo cinco renovaciones de aire) o se confirme con mediciones que el espacio no es peligroso; y
 - .2 presurizar el espacio.
- .2 Se debería supervisar el funcionamiento de la ventilación de sobrepresión.
- .3 En caso de fallo de la ventilación de sobrepresión:
 - .1 debería dispararse una alarma sonora y visual en un lugar con dotación permanente; y
 - .2 si no es posible restablecer inmediatamente la sobrepresión, debería prescribirse la desactivación automática o programada de las instalaciones eléctricas de conformidad con una norma reconocida⁸.

2.10.2 Sala de tanques

2.10.2.1 La sala de tanques para el almacenamiento de gas debería estar dotada de un sistema eficiente de ventilación mecánica a presión con una capacidad mínima de 30 renovaciones de aire por hora. La velocidad de la renovación del aire puede reducirse si se dispone de otros medios adecuados de protección contra explosiones. La equivalencia de las instalaciones alternativas debería probarse mediante un análisis de la seguridad.

⁸ Véase la norma IEC 60092-502:1999, *Electrical Installations in ships – Tankers – Special Features*, cuadro 5.

2.10.2.2 El tronco de ventilación de la sala de tanques debería estar dotado de válvulas de mariposa de cierre automático, contraincendios y a prueba de fallos aprobadas.

2.10.3 *Espacios de máquinas que contienen motores de gas*

2.10.3.1 El sistema de ventilación de los espacios de máquinas que contienen motores de gas debería ser independiente de todos los demás sistemas de ventilación.

2.10.3.2 Los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia deberían tener una capacidad mínima de ventilación de 30 renovaciones de aire por hora. El sistema de ventilación debería asegurar una buena circulación de aire en todos los espacios y, en particular, que se detecte cualquier acumulación de bolsas de gas en la sala. Como alternativa, podrán aceptarse arreglos en los que los espacios de máquinas estén ventilados con un mínimo de 15 renovaciones de aire por hora en funcionamiento normal siempre que, de detectarse gas en el espacio de máquinas, se aumente automáticamente el número de renovaciones de aire a 30 por hora.

2.10.3.3 El número y la potencia de los ventiladores debería ser de modo tal que la capacidad total de ventilación no se reduzca en más de un 50 % en caso de que deje de funcionar un ventilador con un circuito independiente del cuadro de distribución principal o del de emergencia, o un grupo de ventiladores con circuito común del cuadro de distribución principal o el de emergencia.

2.10.4 *Salas de bombas y compresores*

2.10.4.1 Las salas de bombas y de compresores deberían estar dotadas de un sistema eficaz de ventilación mecánica a presión con una capacidad mínima de 30 renovaciones de aire por hora.

2.10.4.2 El número y la potencia de los ventiladores deberían ser tales que la capacidad de ventilación no se reduzca en más de un 50 % en caso de que deje de funcionar un ventilador con un circuito independiente del cuadro de distribución principal o del de emergencia, o un grupo de ventiladores con circuito común del cuadro de distribución principal o el de emergencia.

2.10.4.3 Los sistemas de ventilación de las salas de bombas y de compresores deberían estar en funcionamiento cuando lo estén las bombas y los compresores.

2.10.4.4 En los espacios que dependen de la ventilación para su clasificación de zona, debería aplicarse lo siguiente:

- .1 Durante la puesta en servicio y en caso de pérdida de ventilación, se debería purgar el espacio (mínimo cinco renovaciones de aire) antes de activar cualquier instalación eléctrica no certificada para la clasificación de zona en caso de falta de ventilación. Se deberían colocar avisos a tal efecto en una posición fácilmente visible cerca del puesto de mando.
- .2 Se debería supervisar el funcionamiento de la ventilación.
- .3 En caso de fallo de la ventilación, debería aplicarse lo siguiente:
 - .1 debería dispararse una alarma sonora y visual en un lugar con dotación permanente;

- .2 se deberían tomar medidas inmediatas para restablecer la ventilación; y
- .3 si no es posible restablecer la ventilación durante un largo periodo, deberían desactivarse⁹ las instalaciones eléctricas. La desconexión debería realizarse fuera de las zonas peligrosas y estar protegida de reactivaciones no autorizadas, por ejemplo, mediante interruptores que se puedan cerrar con llave.

CAPÍTULO 3

SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

3.1 Generalidades

3.1.1 Las prescripciones del presente capítulo son adicionales a las que figuran en el capítulo II-2 del Convenio SOLAS.

3.1.2 A los efectos de la protección contra incendios, las salas de compresores deberían ser tratadas como salas de compresores de cargamento, de conformidad con lo dispuesto en la sección 11.5 del Código CIG.

3.2 Protección contra incendios

3.2.1 Los tanques o grupos de tanques que se encuentren por encima de la cubierta deberían estar protegidos por un aislamiento conforme a la norma de la clase A-60 de los espacios de alojamiento, los puestos de servicio, los espacios de carga y los espacios de máquinas.

3.2.2 Los contornos de la sala de tanques y los troncos de ventilación que dan a dichos espacios situados por debajo de la cubierta de cierre deberían estar contruidos conforme a la clase A-60. Sin embargo, si la sala es adyacente a tanques, espacios perdidos, espacios de maquinaria auxiliar sin riesgo de incendio o espacios para fines sanitarios o similares, la norma del aislamiento podrá reducirse a la de la clase A-0.

3.2.3 La protección contra incendios y mecánica de las tuberías de gas que atraviesan espacios de transbordo rodado en cubiertas expuestas debería ser objeto de consideración especial de la Administración dependiendo del uso y la presión prevista de las tuberías. Las tuberías de gas que atraviesan espacios de transbordo rodado en cubiertas expuestas deberían estar provistas de guardas y bolardos para evitar daños en caso de choque de vehículos.

3.2.4 El puesto de toma de combustible debería estar protegido de otros espacios por divisiones de la clase A-60, con la excepción de los espacios de tanques, espacios perdidos, espacios de maquinaria auxiliar sin riesgo de incendio, y espacios sanitarios y de uso similar, en los cuales el aislamiento podrá reducirse al correspondiente a la clase A-0.

⁹ No será necesario desactivar el equipo de seguridad intrínseca adecuado para el sector 0. Las luces certificadas a prueba de llamas podrán tener un circuito independiente de desactivación.

3.2.5 En los casos en los que se requiera más de un espacio de máquinas y tales espacios se hallen separados por un solo mamparo, éste debería estar aislado contra el fuego de conformidad con la norma de la clase A-60.

3.2.6 Las salas de compresores de los buques no regidos por el Código CIG se deberían considerar espacios de categoría A para máquinas en lo que respecta a las prescripciones relativas al aislamiento contra el fuego.

3.3 Extinción de incendios

3.3.1 *Colector contraincendios*

3.3.1.1 El sistema de extinción por aspersión de agua que se prescribe a continuación podrá ser parte del sistema del colector contraincendios siempre y cuando la capacidad y presión de la bomba contraincendios sea suficiente para el funcionamiento simultáneo del número necesario de bocas contraincendios, mangueras y del sistema de extinción por aspersión de agua.

3.3.1.2 En los casos en los que el tanque de almacenamiento se encuentra en una cubierta expuesta, se deberían instalar válvulas aisladoras en el colector contraincendios a fin de aislar las secciones dañadas del colector. El aislamiento de una sección del colector contraincendios no dejará sin agua a la manguera contraincendios delante de la sección aislada.

3.3.2 *Sistemas de aspersión de agua*

3.3.2.1 Debería instalarse un sistema de extinción por aspersión de agua para la refrigeración y la prevención de incendios y para cubrir las partes expuestas del tanque de almacenamiento situadas por encima de la cubierta.

3.3.2.2 El sistema debería estar proyectado de modo que cubra todas las superficies estipuladas *supra* con un régimen de aplicación de 10 l/min/m² para las superficies de proyección horizontal y de 4 l/min/m² en el caso de las superficies verticales.

3.3.2.3 Con el fin de aislar las secciones que resulten dañadas, se deberían instalar válvulas de cierre al menos cada 40 m o se podrá dividir el sistema en dos o más secciones, instalando válvulas de control en un lugar seguro y de fácil acceso que tenga pocas probabilidades de quedar inaccesible en caso de incendio.

3.3.2.4 La capacidad de la bomba de aspersión de agua debería ser suficiente para bombear el caudal necesario a la zona que requiera mayor cantidad de agua en las zonas protegidas, como se especifica *supra*.

3.3.2.5 Se debería disponer una conexión al colector contraincendios del buque a través de una válvula de cierre.

3.3.2.6 El mando de activación a distancia de las bombas del sistema de aspersión de agua y el accionamiento a distancia de cualesquiera de las válvulas del sistema que normalmente están cerradas deberían estar situadas en un sitio de fácil acceso que tenga pocas probabilidades de quedar inaccesible en caso de incendio en las zonas protegidas.

3.3.2.7 Las boquillas deberían ser de diámetro interior uniforme, de un tipo aprobado, y deberían estar dispuestas de modo que se garantice una distribución eficaz del agua en todo el espacio que protejan.

3.3.2.8 Se podrá instalar un sistema equivalente al sistema de aspersión de agua a condición de que, a criterio de la Administración, se haya sometido a pruebas para comprobar su capacidad de enfriamiento en cubierta.

3.3.3 *Sistemas de extinción de incendios de polvo químico seco*

3.3.3.1 En el puesto de toma de combustible debería haber instalado de manera permanente un sistema de extinción de incendios de polvo químico seco que proteja todos los posibles puntos de fuga. Debería tener una capacidad mínima de 3,5 kg/s y un régimen de descarga no inferior a 45 s. El sistema debería estar dispuesto de modo que sea fácil extraerlo manualmente desde un lugar seguro fuera de la zona protegida.

3.3.3.2 En las inmediaciones del puesto de toma de combustible debería haber un extintor de polvo seco portátil de una capacidad mínima de 5 kg.

3.4 Detección de incendios y sistema de alarma

3.4.1 *Detección*

3.4.1.1 Se debería disponer un sistema fijo de detección de incendios aprobado para la sala de tanques y el tronco de ventilación en las salas de tanques que se encuentren por debajo de cubierta.

3.4.1.2 No debería considerarse que los detectores de humo por sí solos son suficientes para la rápida detección de incendios.

3.4.1.3 En el caso de los sistemas de detección de incendios que carecen de medios para reconocer detectores a distancia, los detectores deberían conectarse en circuitos independientes.

3.4.2 *Alarmas y medidas de seguridad*

3.4.2.1 Las medidas de seguridad necesarias en el momento de la detección del incendio en los espacios de máquinas que contengan motores de gas y en la sala de tanques figuran en el cuadro 1 del capítulo V. Además, en esta situación, la ventilación debería desactivarse automáticamente y las válvulas de mariposa contra incendios deberían cerrarse.

CAPÍTULO 4

SISTEMAS ELÉCTRICOS

4.1 Generalidades

4.1.1 Las disposiciones del presente capítulo se aplicarán conjuntamente con las prescripciones relativas al equipo eléctrico pertinentes de la parte D del capítulo II-1 del Convenio SOLAS.

4.1.2 Las zonas peligrosas en la cubierta expuesta y otros espacios no definidos en el presente capítulo deberían decidirse basándose en una norma reconocida¹⁰. El equipo eléctrico instalado en dichas zonas peligrosas debería cumplir lo dispuesto en la misma norma.

4.1.3 Normalmente, no debería instalarse equipo ni cableado eléctrico en las zonas peligrosas, a menos que sean esenciales para fines operacionales, basándose en una norma reconocida¹¹.

4.1.4 El equipo eléctrico instalado en los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia deberían cumplir lo siguiente:

- .1 Además de los detectores de incendios e hidrocarburos y los dispositivos de alarma contra incendios y contra fugas de gas, se deberían certificar como seguros el alumbrado y los ventiladores para los sectores 1 de zonas peligrosas.
- .2 Todo equipo eléctrico de los espacios de máquinas que contengan motores de gas y que no sea del tipo certificado como seguro para los sectores 1 debería desconectarse automáticamente cuando se detecten concentraciones de gas superiores al 20 % del LIE en dos detectores de los espacios que contengan motores de gas.

4.1.5 Debería haber una conexión de equilibrado entre el proveedor de combustible y el puesto de toma de combustible en el buque cuando se trasvase un gas o un líquido inflamable.

4.1.6 Las penetraciones de los cables deberían cumplir las prescripciones que regulan la dispersión de gases.

4.2 Clasificación de zonas

4.2.1 Generalidades

4.2.1.1 La clasificación de zonas es un método de analizar y clasificar las zonas en las que pueden aparecer atmósferas de gas explosivo. La finalidad de la clasificación es permitir que se seleccionen aparatos eléctricos capaces de funcionar en condiciones de seguridad en estas zonas.

¹⁰ Véase la norma IEC 60092-502, parte 4.4, *Tankers carrying flammable liquefied gases*, según proceda.

¹¹ El tipo de equipo y las prescripciones de instalación deberían cumplir lo dispuesto en la norma IEC 60092-502:1999, *Electrical Installations in Ships – Tankers – Special Features* y en la norma IEC 60079-10-1:2008, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*, según la clasificación de zonas.

4.2.1.2 A fin de facilitar la selección de los aparatos eléctricos adecuados en el proyecto de instalaciones eléctricas adecuadas, las zonas peligrosas se dividen en sectores 0, 1 y 2¹². Véase también el párrafo 4.3 *infra*.

4.2.1.3 La clasificación de zonas para un espacio dado podrá depender de la ventilación¹³.

4.2.1.4 Los espacios que tengan una abertura hacia una zona peligrosa adyacente en una cubierta expuesta pueden convertirse en menos peligrosos o no peligrosos utilizando sobrepresión. Las prescripciones para dicha presurización figuran en 2.10.

4.2.1.5 Los conductos de ventilación deberían tener la misma clasificación de zona que el espacio ventilado.

4.3 Definición de sectores de zonas peligrosas

4.3.1 Sectores 0 de zonas peligrosas

Estos sectores incluyen lo siguiente:

- .1 el interior de los tanques de gas, todas las tuberías de alivio de presión u otros sistemas de venteo de los tanques de gas y de las tuberías y equipo que contengan gas¹⁴.

4.3.2 Sectores 1 de zonas peligrosas

Estos sectores incluyen los siguientes:

- .1 sala de tanques;
- .2 salas de compresores de gas con los medios de ventilación estipulados en 2.10.4;
- .3 zonas de la cubierta expuesta, o espacios semicerrados en cubierta, situados a menos de 3 m de cualquier salida del tanque de gas o de cualquier salida de gas o vapor¹⁵, válvulas colectoras de toma de combustible, otras válvulas de gas, bridas de tuberías de gas, salidas de ventilación de la sala de bombas de gas y aberturas de tanques de gas para la liberación de presión dispuesta a fin de permitir el flujo de pequeños volúmenes de gas o de mezclas de vapor ocasionadas por la variación térmica;

¹² Véase la norma IEC 60079-10-1:2008, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas – Explosive gas atmospheres*, y la orientación y los ejemplos que aparecen en la norma IEC 60092-502:1999, *Electrical Installations in Ships – Tankers – Special Features*.

¹³ Véase la norma IEC 60092-502:1999, *Electrical Installations in Ships – Tankers – Special Features for tankers*, cuadro 1.

¹⁴ Los instrumentos y aparatos eléctricos que están en contacto con el gas o el gas líquido deberán ser de un tipo adecuado para el sector 0. Los sensores de temperatura instalados en tubos de sondeo de temperatura y los sensores de presión sin una cámara separadora adicional deberían ser del tipo intrínsecamente seguro Ex-ia.

¹⁵ Dichos espacios son, por ejemplo, todos los espacios situados a menos de 3 m de las escotillas de los tanques de gas, las aberturas de los espacios vacíos o las tuberías de sondeo de los tanques de gas situadas en la cubierta expuesta y las salidas de vapor de gas.

- .4 zonas en la cubierta expuesta o espacios semicerrados en cubierta situados a menos de 1,5 m del compresor de gas y de las entradas de las cámaras de bombas, las entradas de ventilación de las bombas de gas y de la sala de compresores y otras aberturas que den a espacios del sector 1;
- .5 zonas en la cubierta expuesta dentro de las brazolas de derrame que rodeen a válvulas colectoras de toma de gas combustible y 3 m más allá de éstas, hasta una altura equivalente a 2,4 m por encima de la cubierta;
- .6 espacios cerrados o semicerrados en los cuales se encuentran tuberías que contienen gas, p. ej. conductos situados alrededor de tuberías de gas, puestos de toma de combustible semicerrados, etc.; y
- .7 los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia se consideran espacios no peligrosos durante el funcionamiento normal, pero pasan a considerarse sector 1 en caso de escape de gas.

4.3.3 Sectores 2 de zonas peligrosas

Estos sectores incluyen lo siguiente:

- .1 zonas situadas a menos de 1,5 m en derredor de espacios de sector 1 abiertos o semicerrados¹⁶.

CAPÍTULO 5

SISTEMAS DE CONTROL, VIGILANCIA Y SEGURIDAD

5.1 Generalidades

5.1.1 Deberían instalarse manómetros de lectura directa entre las válvulas de cierre y las conexiones a tierra de todas las tuberías de toma de combustible.

5.1.2 Deberían instalarse manómetros en los conductos de descarga de la bomba de gas y los conductos de toma de combustible.

5.1.3 Los pozos de sentina de cada sala de tanques que rodee un tanque independiente de almacenamiento de gas líquido deberían tener tanto un indicador de nivel como un sensor de temperatura. La alarma debería sonar cuando se alcance un nivel alto en el pozo de sentina. En caso de detección de baja temperatura, debería cerrarse automáticamente la válvula principal del tanque.

¹⁶ Véase la norma IEC 60092-502:1999, *Electrical Installations in Ships – Tankers – Special Features* o la norma IEC 60079-10-1:2008, *Explosive atmospheres – Part 10-1: Classification of areas*, de conformidad con la clasificación por zonas, según sea aplicable, si no se especifica de otra manera en esta norma.

5.2 Vigilancia de los tanques de gas

5.2.1 Los tanques de gas deberían ser supervisados y estar protegidos contra el sobrellenado, tal como se prescribe en las secciones 13.2 y 13.3 del Código CIG.

5.2.2 Todo tanque debería ir provisto de por lo menos un instrumento indicador para controlar la presión en el lugar y uno para indicar la presión a distancia en el puesto de control. Los indicadores de presión deberían marcar claramente las presiones máximas y mínimas permitidas en el tanque. Además, en el puente de navegación debería instalarse un dispositivo de alarma de presión alta y, si se exige protección para el vacío, también una alarma de presión baja. La activación de las alarmas debería producirse antes de que se alcancen las presiones de tarado de las válvulas de seguridad.

5.3 Vigilancia de los compresores de gas

Los compresores de gas deberían disponer de alarmas sonoras y visuales instaladas tanto en el puente como en la sala de máquinas. Como mínimo, estas alarmas deberían activarse cuando haya una presión baja de entrada del gas, una presión baja de salida del gas, una presión alta de salida del gas y en relación con el funcionamiento de los compresores.

5.4 Vigilancia de los motores de gas

5.4.1 Además de los instrumentos prescritos en el Convenio SOLAS (capítulo II-1, Parte C), deberían instalarse indicadores en el puente, la sala de control de máquinas y la plataforma de maniobras en relación con:

- .1 el funcionamiento del motor, en el caso de motores alimentados únicamente por gas; o
- .2 el funcionamiento y la modalidad de funcionamiento, en el caso de los motores bicomcombustible.

5.4.2 Los sistemas auxiliares en los cuales pueda darse una pérdida de gas directamente en el fluido del sistema (aceite lubricante, agua de refrigeración) deberían disponer de medios adecuados de extracción de gases, instalados directamente después de la salida del motor a fin de prevenir la dispersión del gas. El gas extraído de los sistemas auxiliares debería ventilarse a un lugar seguro en el exterior.

5.5 Detección de gas

5.5.1 Se deberían instalar detectores continuos de gas en las salas de tanques, los conductos situados alrededor de tuberías de gas, los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia, las salas de compresores y otros espacios cerrados que contengan tuberías de gas u otros equipos de gas sin conductos. Todos los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia deberían contar con dos sistemas independientes de detección de gas.

5.5.2 El número de detectores instalados en cada espacio debería determinarse en relación con el tamaño, la disposición y la ventilación del espacio en cuestión.

5.5.3 El equipo de detección debería estar situado en los puntos en los que se pueda acumular gas y/o en las salidas de ventilación. Para determinar cuál es la mejor disposición debería llevarse a cabo un análisis de dispersión de gases o un ensayo físico de humo.

5.5.4 Debería dispararse una alarma sonora y visual antes de que la concentración de vapor alcance el 20 % del límite inferior de explosividad (LIE). En el caso de conductos ventilados alrededor de tuberías de gas en los espacios de máquinas que contienen motores de gas, el límite de alarma podrá fijarse en el 30 % del LIE. El sistema de protección debería activarse a un 40 % del LIE.

5.5.5 Se deberían instalar alarmas sonoras y visuales del equipo de detección de gas en el puente y en la sala de control de máquinas.

5.5.6 Las tuberías de gas y los espacios de máquinas que contienen motores de gas deberían tener sistemas de detección de gas continua e instantánea.

5.6 Funciones de seguridad de los sistemas de suministro de gas

5.6.1 Todos los tanques de almacenamiento de gas deberían estar provistos de una válvula principal instalada lo más cerca posible de la salida del tanque que pueda accionarse a distancia.

5.6.2 Las principales tuberías de suministro de gas a cada motor deberían llevar una válvula de cierre de accionamiento manual y una "válvula maestra de gas combustible", de accionamiento automático, instaladas en serie, o bien una válvula de cierre combinada de accionamiento manual/automático. Las válvulas deberían instalarse en la parte de la tubería que está por fuera del espacio de máquinas que contiene motores de gas, lo más cerca posible de la instalación para calentar el gas, si la hay. La válvula maestra de gas combustible debería poder cortar de manera automática el suministro de gas, tal como se indica en el cuadro 1.

5.6.2.1 La válvula maestra de gas combustible automática debería poderse accionar desde un número razonable de lugares en el espacio de máquinas que contiene motores de gas, desde un lugar adecuado fuera del espacio y desde el puente.

5.6.3 Cada una de las instalaciones consumidoras de gas debería ir provista de un juego de "válvulas de doble bloqueo y purga". Dichas válvulas deberían disponerse del modo que se indica en .1 y .2 (que en la figura 1 se ilustran, respectivamente, como variante 1 o variante 2) modo que cuando se inicia la desactivación automática, como se indica en el cuadro 1, ello provoque el cierre automático de las dos válvulas de gas combustible instaladas en serie y la apertura automática de la válvula de respiración y:

- .1 dos de estas válvulas deberían estar instaladas en serie en la tubería de suministro de gas combustible al equipo que alimenta. La tercera válvula debería instalarse en un tubo de escape de la parte de las tuberías de gas empalmada entre las dos válvulas en serie que dé a un lugar seguro situado al aire libre; o
- .2 una alternativa sería incorporar la función de una de las válvulas en serie y la de la válvula de respiración en un cuerpo de válvula dispuesto de modo tal que se corte el flujo de gas a la unidad de gas y se abra la respiración.

5.6.3.1 Las dos válvulas de bloqueo deberían ser del tipo que se cierran en caso de fallo, en tanto que la válvula de respiración debería ser del tipo que se abre en caso de fallo.

5.6.3.2 Las válvulas de doble bloqueo y purga también deberían utilizarse para la parada normal del motor.

5.6.4 Cuando se cierra automáticamente la válvula maestra de gas combustible, y si debe asumirse la posibilidad de que se invierta el flujo desde el motor a la tubería, procedería ventilar todo el ramal de suministro de gas a partir de la válvula de doble bloqueo y purga.

5.6.5 Debería intercalarse una válvula de cierre de accionamiento manual en la tubería de suministro de gas a cada motor en un punto previo a las válvulas de doble bloqueo y purga a fin de disponer de un aislamiento seguro durante el mantenimiento del motor.

5.6.6 En las instalaciones de un solo motor y las instalaciones con varios motores en las que se disponga de una válvula maestra independiente para cada motor, es posible combinar la función de la válvula maestra de gas combustible y la de la válvula de doble bloqueo y purga. En las figuras 1 y 2 figuran ejemplos del sistema de alta presión.

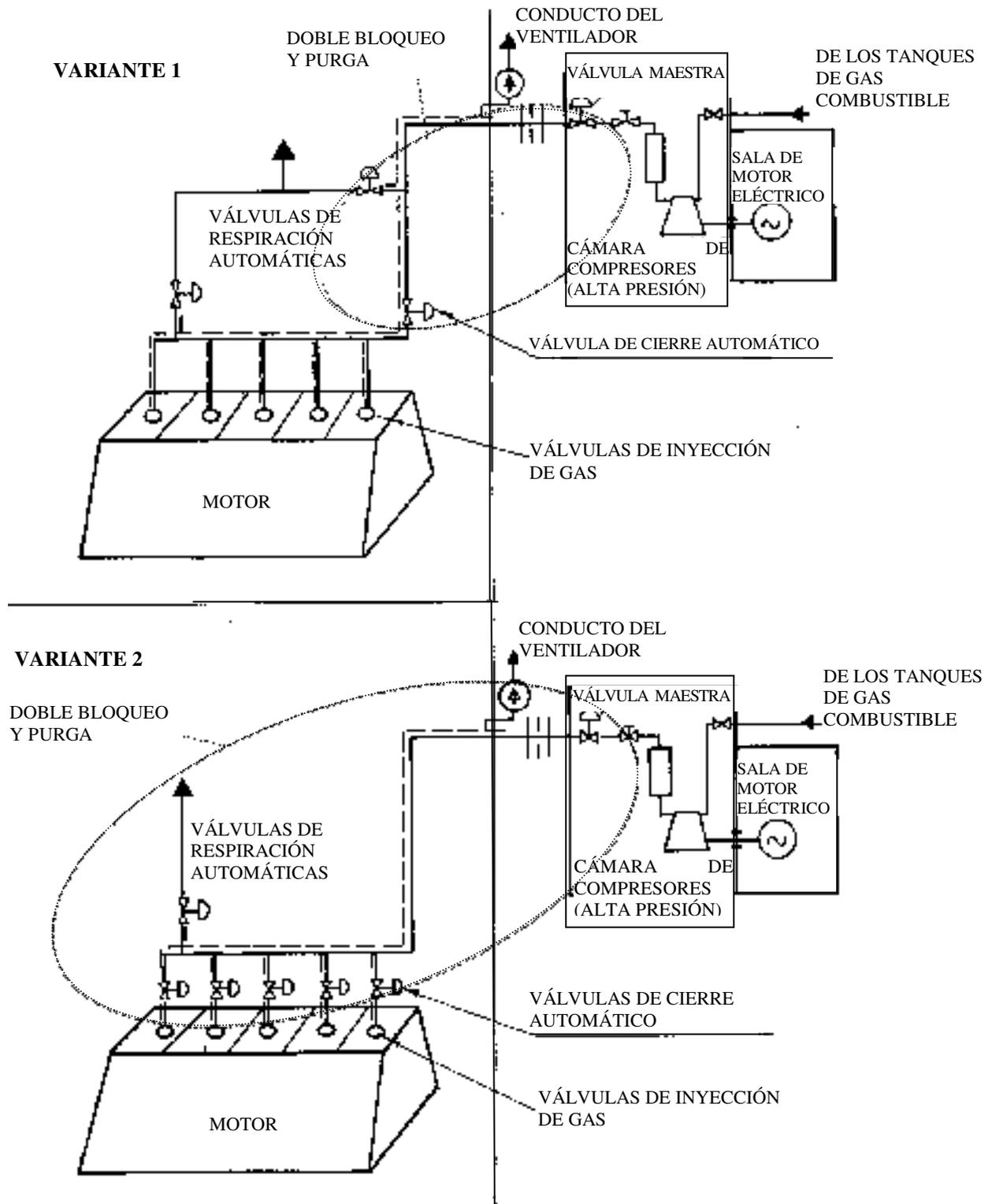


Figura 1

Variantes de disposición de las válvulas para el suministro de las instalaciones de alta presión (disposición de válvulas para un solo motor o de válvula maestra separada)

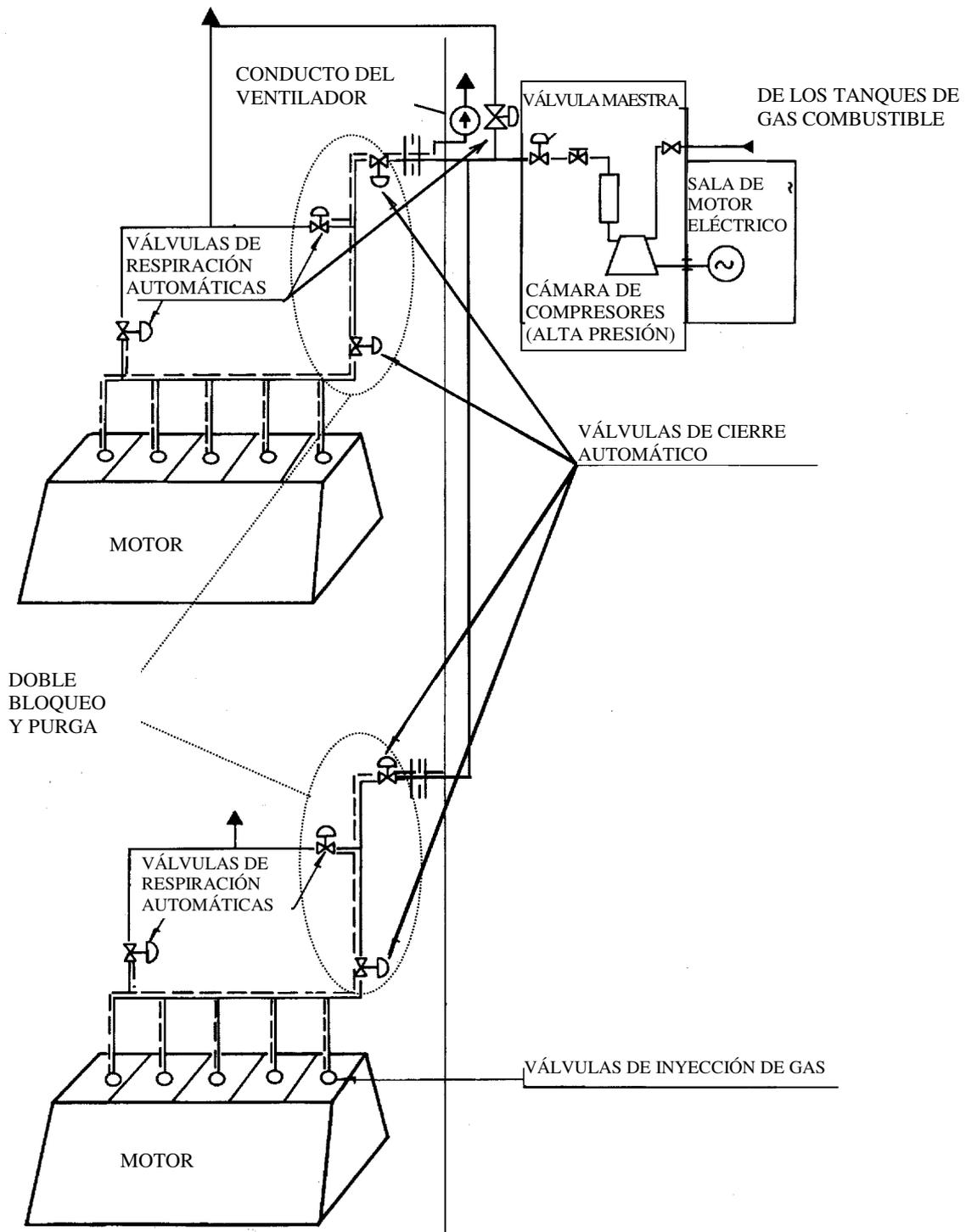


Figura 2

Variante de disposición de válvulas para el suministro de las instalaciones de alta presión (instalación de varios motores)

5.6.7 Además de lo indicado en el cuadro 1, la interrupción total de la ventilación en los espacios de máquinas de los sistemas de gas monocombustible debería llevar a adoptar una de las siguientes medidas:

- .1 *Sistemas de propulsión eléctrica por gas con más de un espacio de máquinas:* debería ponerse en marcha otro motor. Cuando el segundo motor se conecta a la barra colectora, el primer motor se debería parar automáticamente.
- .2 *Sistemas de propulsión directa con más de un espacio de máquinas:* se debería detener manualmente el motor de la sala que tenga problemas de ventilación; tras ello debe quedar disponible, como mínimo, un 40 % de la potencia propulsora.

Si el buque tiene solamente un espacio de máquinas con motores de gas y se interrumpe la ventilación en uno de los conductos cerrados alrededor de las tuberías de gas, se deberían cerrar automáticamente la válvula maestra de gas combustible y la válvula de doble bloqueo y purga de dicha tubería de suministro, a condición de que la otra instalación de suministro de gas esté lista para entrar en funcionamiento.

5.6.8 Si se interrumpe el suministro de gas debido a la activación de una válvula automática, no debería abrirse el suministro hasta que se haya establecido la causa de la desconexión y se hayan adoptado las precauciones necesarias. A este efecto deberían fijarse instrucciones para las válvulas de cierre de las tuberías de suministro de gas en un lugar bien visible del puesto de operaciones.

5.6.9 Si se produce una fuga de gas que provoca la interrupción del suministro de gas, el suministro de gas combustible no debería restablecerse hasta que se haya encontrado la fuga y efectuado la reparación necesaria. A este efecto deberían fijarse instrucciones en un lugar bien visible del espacio de máquinas.

5.6.10 Debería colocarse un cartel permanente en el espacio de máquinas que contiene motores de gas que indique que, cuando el motor o los motores estén consumiendo gas, no se deberían levantar objetos pesados, dado que esto podría entrañar un peligro de avería para las tuberías de gas.

Cuadro 1 – Vigilancia del sistema de suministro de gas a los motores

Parámetro	Alarma	Cierre automático de la válvula principal del tanque	Cierre automático del suministro de gas al espacio de máquinas que contiene motores de gas	Observaciones
Detección de gas en la sala de tanques por encima del 20 % del LIE	X			
Detección de gas con los dos detectores ¹⁾ de la sala de tanques, superior al 40 % del LIE	X	X		
Detección de incendio en la sala de tanques	X	X		

Parámetro	Alarma	Cierre automático de la válvula principal del tanque	Cierre automático del suministro de gas al espacio de máquinas que contiene motores de gas	Observaciones
Pozo de sentina, alto nivel, en la sala de tanques	X			
Pozo de sentina, baja temperatura, en la sala de tanques	X	X		
Detección de gas en el conducto entre el tanque y el espacio de máquinas que contiene motores de gas, superior al 20 % del LIE	X			
Detección de gas con los dos detectores ¹⁾ del conducto entre el tanque y el espacio de máquinas que contiene motores de gas, superior al 40 % del LIE	X	X ²⁾		
Detección de gas en la cámara de compresores, superior al 20 % del LIE	X			
Detección de gas con los dos detectores ¹⁾ de la cámara de compresores, superior al 40 % del LIE	X	X ²⁾		
Detección de gas en el conducto dentro del espacio de máquinas que contiene motores de gas, superior al 30 % del LIE	X			Si se instala tubería doble en el espacio de máquinas que contiene motores de gas
Detección de gas con los dos detectores ¹⁾ del conducto dentro del espacio de máquinas que contiene motores de gas, superior al 40 % del LIE	X		X ³⁾	Si se instala tubería doble en el espacio de máquinas que contiene motores de gas
Detección de gas en el espacio de máquinas que contiene motores de gas, superior al 20 % del LIE	X			La detección de gas se prescribirá únicamente para los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia
Detección de gas con los dos detectores ¹⁾ en el espacio de máquinas que contiene motores de gas, superior al 40 % del LIE	X		X	La detección de gas se prescribirá únicamente para los espacios de máquinas con motores de gas protegidos por desactivación en caso de emergencia. También debería causar la desconexión de equipos eléctricos del espacio de máquinas que contiene

Parámetro	Alarma	Cierre automático de la válvula principal del tanque	Cierre automático del suministro de gas al espacio de máquinas que contiene motores de gas	Observaciones
				motores de gas que no hayan sido certificados como seguros
Interrupción de la ventilación en el conducto entre el tanque y el espacio de máquinas que contiene motores de gas ⁶⁾	X		X ^{2) 4)}	
Interrupción de la ventilación en el conducto dentro del espacio de máquinas que contiene motores de gas ⁶⁾	X		X ^{3) 4)}	Si se instala tubería doble en el espacio de máquinas que contiene motores de gas
Interrupción de la ventilación en el espacio de máquinas que contiene motores de gas	X		X	Únicamente en espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia
Detección de incendio en el espacio de máquinas que contiene motores de gas	X		X	
Presión anormal de gas en la tubería de suministro de gas	X		X ⁴⁾	
Fallo del medio accionador de mando de las válvulas	X		X ⁵⁾	De acción retardada, según sea necesario
Parada automática del motor (fallo del motor)	X		X ⁵⁾	
Parada de emergencia del motor, efectuada manualmente	X		X	

- 1) Se prescriben dos detectores de gas situados uno cerca del otro por motivos de duplicación. Si el detector de gas es del tipo de vigilancia automática, se podrá permitir la instalación de un solo detector de gases.
- 2) Si el tanque suministra gas a más de una máquina y las distintas tuberías de suministro están completamente separadas y emplazadas en conductos separados, y las válvulas maestras están instaladas por fuera del conducto, debería cerrarse únicamente la válvula maestra de la tubería de gas que alimenta el conducto en el que se detecta el gas o la interrupción de la ventilación.
- 3) Si el tanque suministra gas a más de una máquina y las distintas tuberías de suministro están completamente separadas y emplazadas en conductos separados, y las válvulas maestras están instaladas por fuera del conducto y fuera del espacio de máquinas en el que se hallan las máquinas de gas, debería cerrarse únicamente la válvula maestra de la tubería de gas que alimenta el conducto en el que se detecta el gas o la interrupción de la ventilación.
- 4) Este parámetro no debería provocar la interrupción del suministro de gas para los motores de gas monocombustible, sino únicamente en el caso de motores bicomcombustible.
- 5) Deberían cerrarse solamente las válvulas de doble bloqueo y purga.
- 6) Si el conducto está protegido por gas inerte (véase 2.7.1), la pérdida de sobrepresión de gas inerte debería resultar en la toma de las mismas medidas que se indican en este cuadro.

CAPÍTULO 6

COMPRESORES Y MOTORES DE GAS

6.1 Compresores de gas

6.1.1 El compresor de gas combustible debería disponer de los accesorios e instrumentos necesarios para un funcionamiento eficaz y fiable.

6.1.2 El compresor de gas y el suministro de gas combustible deberían estar dispuestos de modo tal que la parada de emergencia manual a distancia se pueda realizar desde los siguientes puntos:

- .1 la cámara de control de la carga (sólo para los buques de carga);
- .2 el puente de navegación;
- .3 la sala de control de máquinas; y
- .4 el puesto de control contraincendios.

6.2 Proyecto de motores de gas: generalidades

6.2.1 La válvula de gases inmediatamente anterior al motor de gas debería controlarse desde el sistema de control del motor o mediante la demanda del motor de gas.

Todas las piezas, sistemas y subsistemas del motor de gas deberían proyectarse de forma que:

- .1 quede excluida la posibilidad de explosión en cualquier situación posible; o
- .2 permita explosiones sin efectos perjudiciales y la descarga en un lugar seguro. La explosión no debería interrumpir el funcionamiento seguro del motor a menos que otras medidas de seguridad permitan parar el motor afectado.

6.2.1.1 Cuando el gas se suministra mezclado con aire mediante un colector común, deberían instalarse suficientes parallas antes de cada cabeza de cilindro. El sistema de admisión de mezcla debería proyectarse para resistir explosiones de mezcla, y estará provisto de:

- .1 un sistema de respiración de alivio contra explosiones. Debería garantizarse que dicho sistema de respiración de alivio contra explosiones se instala de forma que la descarga se efectúe a un lugar seguro; o
- .2 documentación que pruebe que el sistema de admisión de mezcla tiene suficiente resistencia para soportar el peor caso de explosión.

6.2.1.2 El sistema de escape debería proyectarse para resistir explosiones de mezcla sin quemar y estará provisto de:

- .1 un sistema de respiración de alivio contra explosiones. Debería garantizarse que dicho sistema de respiración de alivio contra explosiones se instala de forma que la descarga se efectúe a un lugar seguro; o

- .2 documentación que pruebe que el sistema de escape tiene suficiente resistencia para soportar el peor caso de explosión.

6.2.1.3 El cárter de los motores de gas debería estar provisto de:

- .1 válvulas de seguridad contra explosiones en el cárter, de un tipo apropiado y que ofrezcan suficiente zona de descompresión. Dichas válvulas deberían instalarse de forma que abarquen cada cigüeña y disponerse de un modo que asegure que su descarga se producirá con una orientación tal que la posibilidad de que el personal sufra lesiones quede reducida al mínimo, o ir provistas de los medios adecuados para ello (véanse las reglas 27 y 47.2 del capítulo II-1 del Convenio SOLAS); o
- .2 documentación que demuestre que el cárter tiene suficiente resistencia para soportar el peor caso de explosión.

6.2.1.4 Debería garantizarse que la explosión de mezcla sin quemar dentro del sistema de escape o del cárter, o de mezcla dentro del sistema de admisión, se produzca sin efectos perjudiciales.

6.2.2 El proyecto de tuberías en motores de gas debería ajustarse a lo prescrito en el capítulo 2.6 "Configuración del sistema" y el capítulo 2.7 "Sistema de suministro de gas en los espacios de máquinas de gas".

6.2.3 La combustión de mezcla de gas debería estar sometida a supervisión. Esto puede lograrse mediante la vigilancia de los gases de escape o de la temperatura de la cámara de combustión.

6.2.4 Los tubos de escape de los motores de gas no deberían conectarse a los tubos de escape de otros motores o sistemas.

6.3 Prescripciones relativas a los motores bicombustible

6.3.1 En condiciones normales, el arranque y la parada deberían efectuarse únicamente con combustible líquido. La inyección de gas no debería ser posible sin la correspondiente inyección de combustible líquido piloto. La cantidad de combustible piloto que se inyecte a cada cilindro debería ser suficiente para asegurar el encendido efectivo de la mezcla de gas.

6.3.2 En caso de interrupción del suministro de gas, los motores deberían poder seguir funcionando sólo con combustible líquido.

6.3.3 El paso de gas a combustible líquido y viceversa sólo debería ser posible a un nivel de potencia y en condiciones que permitan el cambio de combustible con una fiabilidad aceptable demostrada mediante ensayos. Al reducir la potencia, el paso a combustible líquido debería ser automático. El propio proceso de paso a funcionamiento con gas y viceversa debería ser automático. La interrupción manual debería ser posible en todos los casos.

6.3.4 Durante las paradas normales y las desactivaciones de emergencia, debería interrumpirse el suministro de gas combustible a más tardar al mismo tiempo que el de combustible líquido. No debería ser posible cortar el suministro de combustible piloto sin antes o simultáneamente cortar el suministro de gas a cada cilindro o a todo el motor.

6.4 Prescripciones relativas a los motores de gas monocombustible

6.4.1 La secuencia de arranque debería ser tal que no se admita gas combustible en los cilindros hasta que se haya activado el encendido y el motor haya alcanzado un régimen mínimo específico según el motor y la aplicación.

6.4.2 Si el sistema de control del motor no ha detectado la activación del encendido en un tiempo específico del motor después de la apertura de la válvula de inyección de gas, se debería cortar automáticamente el suministro de gas y se debería interrumpir la secuencia de arranque. Habría que garantizar, por cualquier medio, que se elimina del sistema de escape todo rastro de mezcla de gas sin quemar.

6.4.3 Durante las paradas normales y las de emergencia debería interrumpirse el suministro de gas combustible al mismo tiempo que el encendido, a más tardar. No debería ser posible cortar el encendido sin que antes, o simultáneamente, se haya cortado el suministro de gas a cada cilindro o a todo el motor.

6.4.4 La secuencia de parada de los motores de régimen constante debería ser tal que la válvula de inyección de gas del motor se cierre a la velocidad en vacío y el sistema se mantenga activo hasta que el motor se haya parado completamente.

CAPÍTULO 7

FABRICACIÓN, ACABADO Y ENSAYO

7.1 Generalidades

La fabricación, ensayo, inspección y documentación deben cumplir las normas reconocidas y las prescripciones específicas estipuladas en las presentes directrices.

7.2 Tanques de gas

Los ensayos relacionados con las soldaduras y el tanque deberían efectuarse conforme a lo dispuesto en las secciones 4.10 y 4.11 del Código CIG.

7.3 Sistemas de tuberías de gas

7.3.1 Las prescripciones relacionadas con los ensayos deberían aplicarse a las tuberías de gas, tanto las que corren por dentro como por fuera de los tanques de gas. No obstante, se podrá permitir una atenuación de dichas prescripciones para las tuberías tendidas por dentro de los tanques de gas y las tuberías con un extremo abierto.

7.3.2 Se debería someter a las tuberías de gas a ensayos de procedimientos de soldadura, y éstos deberían ser similares a los estipulados en el párrafo 6.3.3 del Código CIG para los tanques de gas. A menos que se llegue expresamente a otro acuerdo con la Administración, las prescripciones relativas a los ensayos deberían ajustarse a lo prescrito en 7.3.3 *infra*:

7.3.3 Prescripciones relativas a las pruebas:

- .1 Pruebas de tracción: normalmente, la resistencia a la tracción no debería ser inferior a la resistencia mínima a la tracción especificada para los correspondientes materiales de base. La Administración también podrá exigir que la resistencia a la tracción de la soldadura transversal no sea menor que la resistencia mínima a la tracción especificada para el metal depositado, cuando éste tenga una resistencia a la tracción inferior a la del material de base. En todo caso debería notificarse la posición de la fractura a fines de información.
- .2 Pruebas de plegado: no debería considerarse aceptable ninguna fractura producida después de un plegado de 180° en un mandril de un diámetro cuatro veces mayor que el espesor de las probetas a menos que la Administración exija expresamente otra cosa o que se llegue a un acuerdo especial con ella.
- .3 Pruebas al choque con entalla Charpy en V: las pruebas Charpy se efectuarán a la temperatura fijada para el material de base que se vaya a soldar. Los resultados de las pruebas al choque de las soldaduras, utilizando una energía media mínima (*E*), serán de por lo menos 27 J. Las prescripciones relativas al metal depositado deberán ajustarse, para probetas de tamaño reducido y valores de energía correspondientes a cada probeta, a lo prescrito en el párrafo 6.1.4 del Código CIG. Los resultados de las pruebas al choque efectuadas en la línea de fusión y en la zona afectada térmicamente deberán dar una energía media mínima (*E*) que se ajuste a las prescripciones relativas al material de base, considerado éste en sentido transversal o longitudinal, según proceda, y para las probetas de tamaño reducido la energía media mínima (*E*) se ajustará a lo prescrito en el párrafo 6.1.4 del Código CIG. Si el espesor del material no permite el maquinado de las probetas, ya sea el tamaño de éstas normal o reducido normalizado, el procedimiento de prueba y los principios de aceptación se ajustarán a normas reconocidas.

No se exigirán pruebas al choque para las tuberías cuyo espesor sea inferior a 6 mm.

7.3.4 Además de los controles normales previos y durante la soldadura, y de la inspección visual de las soldaduras acabadas, deberían exigirse las pruebas siguientes:

- .1 Debería prescribirse la inspección radiográfica del 100 % de las juntas soldadas a tope de los sistemas de tuberías con temperaturas de proyecto inferiores a -10 °C, diámetros interiores de más de 75 mm o espesores de pared de más de 10 mm.
- .2 Cuando dichas juntas soldadas a tope de las secciones de tuberías se realicen mediante procedimientos de soldadura automáticos en la fábrica de tuberías, previo acuerdo expreso podrá reducirse progresivamente la amplitud de la inspección radiográfica, pero en ningún caso a menos de 10 % de las juntas. Si aparecen defectos debería aumentarse al 100 % la amplitud de las pruebas, y deberían incluirse inspecciones de soldaduras previamente aceptadas. Esta aprobación especial solamente debería ser otorgada cuando se disponga de procedimientos y registros bien documentados sobre la garantía de la calidad que permitan a la Administración evaluar la capacidad del fabricante para producir sistemáticamente soldaduras satisfactorias.

- .3 Para otras juntas de tuberías soldadas a tope se deberían llevar a cabo pruebas radiográficas por zonas u otras pruebas no destructivas a discreción de la Administración, según lo requiera el servicio, el emplazamiento y los materiales. En general se debería radiografiar, como mínimo, el 10 % de las juntas soldadas a tope de tuberías.

Se debería radiografiar el 100 % de las juntas soldadas a tope de las tuberías de alta presión y las tuberías de suministro de gas de los espacios de máquinas protegidos por desactivación en caso de emergencia.

Las radiografías se deberían evaluar de conformidad con una norma reconocida¹⁷.

7.3.5 Una vez montadas, todas las tuberías de gas deberían someterse a una prueba hidrostática a una presión mínima de 1,5 veces la presión de proyecto. No obstante, cuando los sistemas de tuberías o partes de éstos sean del tipo prefabricado y estén provistos de todos los accesorios, la prueba hidrostática podrá efectuarse antes de la instalación a bordo del buque. Las juntas soldadas a bordo deberían someterse a una prueba hidrostática a una presión mínima de 1,5 veces la presión de proyecto. Cuando la prueba no tolere el empleo de agua y las tuberías no puedan secarse antes de la puesta en servicio del sistema, se deberían presentar a la Administración propuestas de empleo de otros fluidos o métodos de prueba a fines de aprobación.

7.3.6 Una vez montados a bordo, todos los sistemas de tuberías de gas se deberían someter a una prueba de detección de fugas utilizando aire, haluros u otros agentes adecuados.

7.3.7 Todos los sistemas de tuberías de gas, con inclusión de sus válvulas y accesorios y equipo utilizado para gas, se deberían someter a prueba en condiciones normales de utilización antes de ponerlas en funcionamiento normal.

7.4 Conductos

Si el conducto de la tubería de gas contiene tubos a alta presión, el conducto se debería someter a un ensayo de presión de 10 bar como mínimo.

7.5 Válvulas

Cada uno de los tipos y tamaños de válvula que se vayan a utilizar a una temperatura de trabajo inferior a -55 °C debería ser objeto de la siguiente prueba de homologación. Se debería someter a una prueba de estanquidad a la temperatura de proyecto mínima o inferior, y a una presión no inferior a la presión de proyecto de las válvulas. Durante la prueba se debería determinar si la válvula funciona de modo satisfactorio.

7.6 Fuelles de dilatación

7.6.1 Cada tipo de fuelle de dilatación destinado a ser utilizado en tuberías de gas, principalmente en las utilizadas fuera del tanque de gas, se debería someter a las siguientes pruebas de homologación:

¹⁷ Véase la norma ISO 5817:2003: *Arc-welded joints in steel – Guidance on quality levels for imperfections*, y como mínimo cumplirán las prescripciones relativas al nivel de calidad B.

- .1 Prueba de sobrepresión. Se debería someter a prueba un elemento tipo del fuelle, no precomprimido, a una presión igual o superior a cinco veces la presión de proyecto sin que estalle. La prueba debería tener una duración mínima de 5 minutos.
- .2 Se someterá a una prueba de presión la junta de dilatación junto con todos los accesorios (bridas, refuerzos, articulaciones, etc.) al doble de la presión de proyecto y en las condiciones extremas de desplazamiento recomendadas por el fabricante. No se deberían permitir deformaciones permanentes. Habida cuenta de los materiales utilizados, la Administración podrá exigir que la prueba se realice a la temperatura de proyecto mínima.
- .3 Prueba cíclica (fluctuaciones térmicas). La prueba se debería efectuar en una junta de dilatación completa que habrá de resistir sin fallo alguno al menos tantos ciclos como correspondan al servicio real en las condiciones de presión, temperatura, y los movimientos axial, giratorio y transversal que se dan durante el servicio. Se permitirá efectuar la prueba a la temperatura ambiente cuando ésta sea moderada.
- .4 Prueba cíclica de fatiga (deformación del buque). La prueba se debería efectuar en una junta de dilatación completa, sin presión interior, simulando los movimientos de fuelle correspondientes a un trozo de tubo compensado al menos durante 2×10^6 ciclos a una frecuencia de no más de 5 Hz. Esta prueba se exigirá únicamente cuando, a causa de la disposición de las tuberías, se sufran en la práctica cargas debidas a la deformación del buque.

7.6.2 La Administración podrá eximir de la realización de las pruebas mencionadas en 7.6.1 a condición de que se facilite documentación completa que permita determinar la idoneidad de las juntas de dilatación para hacer frente a las condiciones de trabajo previstas. Cuando la presión manométrica interior máxima exceda de 1 bar, en dicha documentación deberían figurar datos obtenidos en pruebas que basten para justificar el método de proyecto empleado, con referencia especial a la correlación existente entre los cálculos y los resultados de las pruebas.

CAPÍTULO 8

PRESCRIPCIONES OPERACIONALES Y DE FORMACIÓN

8.1 Prescripciones operacionales

8.1.1 En los buques de carga o de pasaje con motores de gas, toda la tripulación que interviene en las operaciones debería contar con la formación necesaria en los aspectos de seguridad, funcionamiento y mantenimiento relacionados con los sistemas de gas antes de comenzar a trabajar a bordo.

8.1.2 Además, los tripulantes que tengan la responsabilidad directa del funcionamiento de equipo de gas de a bordo deberían recibir formación especial. La Compañía debería documentar que el personal ha adquirido los conocimientos necesarios y que éstos se actualizan periódicamente.

8.1.3 Se deberían efectuar ejercicios de emergencias relacionadas con los sistemas de gas a intervalos regulares. Se deberían examinar y someter a prueba los sistemas de seguridad y de respuesta para hacer frente a peligros y accidentes definidos.

8.1.4 Se debería redactar un manual de formación y elaborar un programa y ejercicios de formación especial para cada buque particular y sus instalaciones de gas.

8.2 Formación relacionada con el uso de gas

8.2.1 Formación general

La formación en los buques con motores de gas se divide en las siguientes categorías:

- .1 Categoría A: Formación básica para la tripulación de seguridad básica;
- .2 Categoría B: Formación complementaria para los oficiales de puente; y
- .3 Categoría C: Formación complementaria para los oficiales de máquinas.

8.2.1.1 Formación de categoría A

- .1 La formación de categoría A debería tener por objetivo aportar a la tripulación de seguridad básica conocimientos fundamentales en lo que respecta al gas como combustible, las propiedades del gas líquido y del gas comprimido, los límites de explosión, las fuentes de ignición, las medidas para reducir el riesgo y las consecuencias, así como las reglas y procedimientos que deben seguirse durante las actividades normales y las situaciones de emergencia.
- .2 La formación general y básica que se exige a la tripulación de seguridad básica parte del supuesto de que la tripulación no tiene conocimientos previos sobre el gas, los motores y los sistemas de gas. Entre los instructores debería haber uno o más proveedores de equipo o sistemas de gas, o bien otros especialistas que conozcan bien el gas de que trate la formación y los sistemas de las instalaciones de gas de a bordo.
- .3 La formación debería incluir ejercicios teóricos y prácticos relacionados con el gas y sus sistemas conexos, así como la protección personal cuando se trabaje con gas líquido y gas comprimido. La formación práctica debería incluir la extinción de incendios de gas y debería llevarse a cabo en un centro de seguridad aprobado.

8.2.1.2 Formación de las categorías B y C

- .1 La formación en cuestiones relacionadas con los sistemas de gas que se imparta a los oficiales de puente y los oficiales de máquinas debería ser de un nivel superior al de la formación básica. La formación de categoría B y categoría C debería estar dividida técnicamente para los oficiales de puente y para los oficiales de máquinas. El director de formación de la Compañía y el capitán deberían determinar qué temas atañen a las operaciones sobre el puente y cuáles a las operaciones de máquinas.

- .2 Los tripulantes no cualificados que desempeñen las tareas de toma de combustible y de purga de gas, o que trabajen en motores o instalaciones de gas, etc., deberían recibir toda o parte de la formación de las categorías B y C. La Compañía y el capitán tendrán a su cargo la organización de los cursos de formación, los cuales se basarán en una evaluación de la descripción de las funciones o del ámbito de responsabilidad a bordo de los tripulantes en cuestión.
- .3 Los instructores que impartan estos cursos complementarios serán los mismos que para los cursos referidos en la categoría A.
- .4 La formación debería abordar todos los sistemas de gas a bordo. El manual de mantenimiento del buque, el manual del sistema de suministro de gas y el manual del equipo eléctrico en espacios y sectores con riesgo de explosión deberían ser la base para esta parte de la formación.
- .5 Como parte del sistema de gestión de la seguridad, la Compañía y el equipo de dirección a bordo deberían examinar regularmente el presente texto, haciendo hincapié en el análisis de riesgos; durante la formación el análisis de riesgos y los subanálisis deberían estar a disposición de los participantes del curso.
- .6 Si el mantenimiento técnico del equipo de gas está a cargo de la propia tripulación del buque, debería documentarse la formación relacionada con este tipo de trabajo.
- .7 El capitán y el jefe de máquinas deberían dar a la tripulación de seguridad básica su autorización final antes de que el buque entre en servicio. El documento de autorización debería ser aplicable solamente a la formación relacionada con el sistema de gas, y deberían firmarlo el capitán o el jefe de máquinas y el alumno. El documento de autorización que concierne a la formación sobre los sistemas de gas podrá integrarse en el programa general de formación del buque, pero debería quedar claro qué se considera una formación sobre los sistemas de gas y qué se considera otro tipo de formación.
- .8 Los requisitos de formación relacionados con el sistema de gas deberían evaluarse de igual manera que otros requisitos de formación de a bordo, como mínimo una vez al año. El plan de formación debería evaluarse a intervalos regulares.

8.3 Mantenimiento

8.3.1 Se debería preparar un manual especial de mantenimiento para el sistema de suministro de gas de a bordo.

8.3.2 El manual debería incluir procedimientos de mantenimiento para todas las instalaciones técnicas relacionadas con el sistema de gas y ajustarse a las recomendaciones de los proveedores del equipo en él. Se deberían indicar los intervalos para la sustitución/aprobación de las válvulas de gas y a qué válvulas afectará. El procedimiento de mantenimiento debería especificar qué personas están cualificadas para llevar a cabo el mantenimiento.

8.3.3 Debería prepararse un manual especial de mantenimiento para los equipos eléctricos que se instalan en espacios y zonas con peligro de explosión. La inspección y el mantenimiento de las instalaciones eléctricas en espacios con peligro de explosión se deberían efectuar de conformidad con una norma reconocida¹⁸.

8.3.4 El personal que lleve a cabo las inspecciones y el mantenimiento de las instalaciones eléctricas en espacios con peligro de explosión debería estar cualificado de conformidad con la norma IEC 60079-17, punto 4.2.

¹⁸ Véase la norma IEC 60079-17:2007: *Explosive atmospheres – Part 17: Electrical installations inspection and maintenance*.